

Phys. g.

604

h

Physik
für das
Tentamen Physicum
von
R. de Campagnolle.

Leipzig,
A. Deichert'sche Verlagsbuchhandlg. Nachf.
(Georg Böhme.)

Phys. g.

604 ^h₋

Campagnolle

PHYSIK

für das

Tentamen Physicum.

Von

R. de Campagnolle.



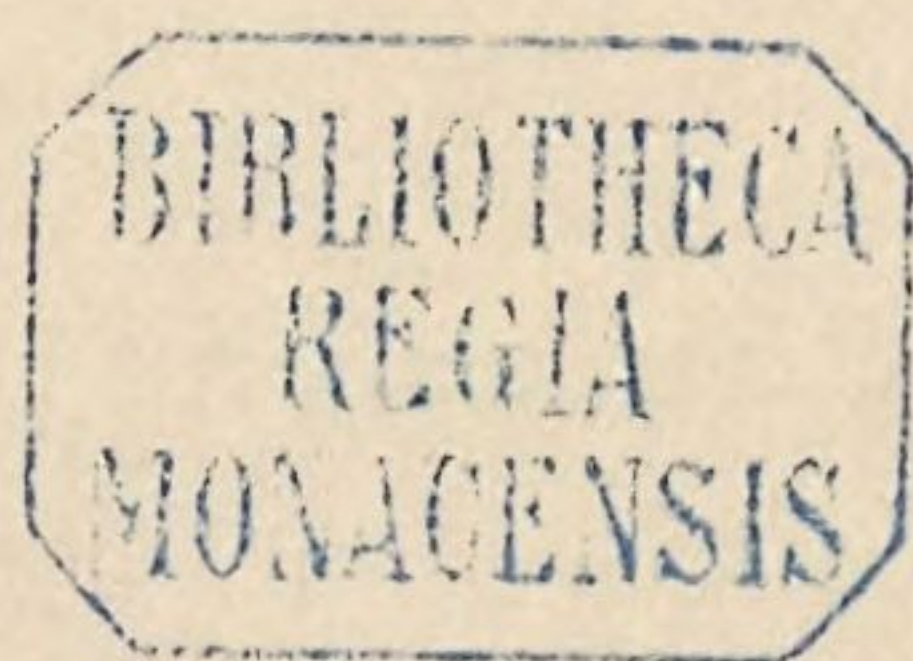
Leipzig.

A. Deichert'sche Verlagsbuchhandlung Nachf.

(Georg Böhme.)

1894.

G. n. 2070





Allgemeine Begriffe.

Bewegung? Die Änderung der Lage eines Körpers oder eines Punktes desselben im Raume.

Ruhe? Das Verharren eines Körpers oder seiner Theilchen in der einmal angenommenen Lage im Raume.

Relative Ruhe? In Ruhe befindlich kann uns ein Körper nur in Beziehung zu der ruhend gedachten Erdoberfläche erscheinen — bezügliche, relative Ruhe; eine absolute Ruhe kann bei der (doppelten) Bewegung der Erde auf derselben nicht existieren.

Masse? Der Widerstand, den ein Körper seiner Bewegung entgegensetzt. Er ist proportional seinem Gewichte.

Kraft? Jede Ursache, welche Bewegung hervorruft oder vorhandene Bewegung ändert. Sie ist das Product aus der bewegten Masse mit ihrer Beschleunigung.

Momentane und constante Kräfte? Die Kräfte nach der Zeitdauer ihres Effects unterschieden. Erstere erzeugen gleichförmige, letztere gleichförmig beschleunigte (oder verzögerte) Bewegung.

Druck- und Zugkräfte? Die Kräfte nach ihren Wirkungen selbst unterschieden.

Masseneinheit? Die in einem ccm Wasser von 4^0 C. enthaltene Masse oder die eines Gramms. — Bildet im Verein mit den gleichfalls willkürlich gewählten Längeneinheiten (1 cm) und Zeiteinheiten (1 Sek. = dem 86400. Teil des

mittleren Sonnentags) das absolute Mafssystem (CGS-System) im Gegensatz zu den abgeleiteten Einheiten (aufgestellt von Gauss u. Weber).

Krafteinheit? Diejenige Kraft, welche dieser Gramm-masse pro Sek. einen Geschwindigkeitszuwachs von 1 cm erteilt (das Dyne). Die Schwerkraft, d. h. die Kraft, mit welcher die Erde 1 g anzieht, beträgt 981 Dynen.

Arbeit? Die Wirkung einer Kraft längs einer gewissen Strecke.

Arbeitseinheit? Die Arbeit der Krafteinheit längs der Weg-(Längen-)einheit (das Erg). Für das praktische Leben ist sie zu klein; die hier usuellen Arbeitseinheiten sind das Kilogramm-meter, d. i. die Arbeit, welche die Kraft 1 kg längs der Strecke 1 m verrichtet, oder (für Maschinen) die Pferdekraft (HP) = der Leistung von 75 kg pro Sekunde.

Lebendige Kraft (Wucht, kinetische Energie)? Die Arbeitsfähigkeit eines bewegten Körpers. Sie ist das halbe Produkt aus der Masse desselben mit dem Quadrate seiner Geschwindigkeit. (Leibnitz 1646.)

Energie der Lage (ruhende, potentielle Energie)? Die in einem ruhenden Körper durch Consumierung einer lebendigen Kraft, welche ihn nicht in Bewegung zu setzen vermochte, aufgespeicherte Arbeitsfähigkeit. Er besitzt das Vermögen — sobald er seine Lage verändern kann — eine ebensogrosse Arbeit wie jene lebendige Kraft zu leisten.

Princip der Erhaltung der Energie? Energie kann nie vernichtet werden, sondern sich nur in andere Modificationen umsetzen; d. h. die Energie einer Bewegungsart verwandelt sich in die einer anderen Bewegungsart, oder potentielle Energie verwandelt sich in kinetische bzw. umgekehrt. (Hieraus ist zu folgern, dass die gesamte Energie des Weltalls jederzeit constant ist.)

Allgemeine Eigenschaften der Körper.

I. Raumerfüllung? Die Eigenschaft aller Körper, einen bestimmten Raum einzunehmen — **Volumen**. Die Begrenzungsart des eingenommenen Raumes bedingt die **Gestalt**.

Das Meter? Der 40 000 000. Teil des Pariser Meridians; infolge fehlerhafter Messungen jedoch etwas zu kurz.

Nonius? Wertvoller Apparat zum Messen solcher Längen, für welche die Einteilung der gewöhnlichen Maßstäbe nicht genügt. Ein kleiner Maßstab (der Nonius), welcher sich am Hauptmaßstab entlang verschieben lässt, ist derart eingeteilt, dass auf 9 seiner Teile stets 10 des Hauptmaßstabs treffen. Jeder der Noniusteile also $= \frac{9}{10}$ eines Teils des Hauptmaßstabs.

II. Teilbarkeit? Die Eigenschaft aller Körper, sich in kleinere Teile zerlegen zu lassen. Die mechanische Teilbarkeit oder die Selbstteilung durch Auflösung, Verdunstung etc. geht bei manchen Körpern (z. B. bei Riechstoffen, Fuchsin) ungemein weit.

III. Veränderlichkeit des Volumens? Die Eigenschaft aller Körper, durch Zug oder Druck, durch Temperaturerhöhung oder -Erniedrigung einer Änderung ihres Rauminhalts zu unterliegen.

IV. Porosität? Die (jedoch nicht immer sinnlich wahrnehmbare) Eigenschaft aller Körper, kleinste Hohlräume oder Gänge in ihrem Innern zu besitzen.

V. Trägheit oder Beharrungsvermögen? Das Bestreben aller Körper, ihren Zustand der Bewegung oder Ruhe unverändert beizubehalten.

Allgemeine Kräfte.

Molecularkräfte? Die an sich winzigen, in ihrer Gesamtheit gewaltigen Kräfte, welche das Zusammenhalten der kleinsten Stoffteilchen bewirken. Sie bedeuten für die Atome das, was für das Planetensystem die Gravitation ist.

I. Cohäsion? Die Anziehungskraft der Molecüle eines Stoffes unter sich.

II. Adhäsion? Die Anziehungskraft der Molecüle verschiedener Stoffe.

III. Affinität? Die Neigung der Atome verschiedener (meist chemisch sehr unähnlicher) Stoffe, sich zu einer chem. Verbindung zu vereinigen. Ist dies erreicht, so ist die Affinität gesättigt.

Auf der Cohäsion beruhen Festigkeit und Elasticität.

Festigkeit? Die Widerstandskraft eines Körpers gegen Druck, Zug, Bruch oder Drehung.

Elasticität? Das ebenfalls durch die Cohäsion bedingte Vermögen eines Körpers, nach erlittener Form- oder Volumenveränderung wieder in seine frühere Gestalt oder Grösse zurückzukehren, sobald die formverändernde Kraft aufgehört hat zu wirken.

Elasticitätsgrenze? Die Maximalgrösse der Volu-

men- oder Formveränderung, die es dem Körper noch gestattet, in den früheren Zustand zurückzukehren.

Elastizitätscoefficient? Gibt an, um welchen Bruchteil seiner Länge ein Draht oder Stab von 1 qmm Querschnitt durch eine Zugkraft von 1 kg verlängert wird (z. B. für Silber $\frac{1}{7400}$, für Eisen $\frac{1}{21000}$).

Elastizitätsmodul? Die durch diese Nenner ausgedrückte Anzahl von kg, welche erforderlich wäre, einen Draht oder Stab desselben Stoffes um seine eigene Länge auszu dehnen.

Schwerkraft? Die Kraft, mit welcher die Erde die in ihrer Nähe befindlichen Körper senkrecht nach ihrem Mittelpunkt zu anzieht. Ihr Wert ist direkt proportional der Masse und umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung des Körpers*). Sie ist nur ein besonderer Fall der allgemeinen Gravitation.

Allgemeine Gravitation? Die von Newton erkannte gegenseitige Anziehung aller im Weltraum befindlichen Körper. (Also nicht nur die Erde zieht den Mond an, sondern auch der Mond wirkt anziehend auf die Erde; ebenso jeder auf die Erde fallende Gegenstand.) Newtonsches Gravitationsgesetz: „Die Anziehung ist proportional dem Produkt der beiden sich anziehenden Massen, umgekehrt proportional dem Quadrat ihrer Entfernung.“

*) Von dem als Sitz der Anziehungskraft anzunehmenden Erdmittelpunkte. Die Grösse der Schwerkraft nimmt auf der Erdoberfläche von den Polen gegen den Äquator hin ab (infolge I der Gegenwirkung der Centrifugalkraft und II der Abplattung der Erde: der Äquator liegt dem Erdmittelpunkte ferner als die Pole).

*Unter der Arbeit einer Kraft versteht man das Produkt aus der Kraft in den Weg des Angriffspunktes:
Pferdekraft ist d Kraft, welche in 1" 75 kg heben kann.*

Mechanik.

Mechanik? Die Lehre von den Gesetzen des Gleichgewichts (Geostatik) und den Bewegungen der festen Körper (Geodynamik).

Geostatik.

Kräfteparallelogramm? Wenn zwei Kräfte auf einen Punkt eines Körpers unter einem Winkel wirken — also weder in derselben Richtung (hier würden sie sich summieren), noch in entgegengesetzten Richtungen (hier würden sie sich subtrahieren, ev. das Gleichgewicht halten), so erteilen sie ihm eine Bewegung, deren Grösse und Richtung durch die Diagonale eines Parallelogramms angegeben wird, welches aus den Richtungslinien jener beiden Kräfte und dem von ihnen eingeschlossenen Winkel construirt ist. Die stets auf solche Weise zu bestimmende Kraft, welche dasselbe leistet wie zwei andere Kräfte zusammen, heisst **Resultante** oder **Mittelkraft** im Gegensatz zu den **Seitenkräften** oder **Componenten**.

Kräftepolygon? Greifen mehrere Componenten an einem Punkte des Körpers an, so construirt man zunächst aus zwei benachbarten Seitenkräften ein Parallelogramm, dann aus der Diagonale dieses und der nächsten Seitenkraft u. s. f. Die letzte Diagonale stellt die Resultierende aller Kräfte dar.

Zerlegung der Kräfte? Häufig muss man auch zur Erklärung physicalischer Erscheinungen eine **Resultante** mittels

des Kräfteparallelogramms in zwei Componenten zerlegen. Eine solche Zerlegung erfolgt besonders dann, wenn eine Kraft auf einen Körper in einer Richtung wirkt, in der er sich nicht bewegen kann.

Schwerpunkt? Der Angriffspunkt derjenigen Kraft, welche aus allen den an den einzelnen Teilen eines schweren Körpers angreifenden Schwerkraften resultiert.

Gleichgewichtsarten?

I. Ein Körper, dessen Schwerpunkt mit dem Unterstützungspunkt zusammenfällt, befindet sich im indifferenten Gleichgewicht. Er bleibt in jeder Lageveränderung in Ruhe.

II. Ein Körper, dessen Schwerpunkt höher liegt als der Unterstützungspunkt, befindet sich im unsicheren, labilen Gleichgewicht; er verlässt die Gleichheitslage dauernd, wenn er nur etwas aus derselben entfernt wird.

III. Ein Körper, dessen Schwerpunkt unter dem Unterstützungspunkt liegt, befindet sich im sicheren, stabilen Gleichgewicht. Er kehrt durch die Schwerkraft immer wieder in seine Ruhelage zurück.

Maschinen.

Vorrichtungen, an welchen sich zwei Kräfte das Gleichgewicht halten; sie dienen zur Ersparung an Kraft, jedoch nicht an Arbeit.

Hebel? Ein jeder um eine feste Axe drehbarer Körper, an welchem in zur Axe senkrechten Ebenen Kräfte wirken. Unter Hebelarm versteht man die Entfernung zwischen dem Drehpunkte und dem Angriffspunkte der Kraft.

Einarmiger Hebel? Der Stützpunkt liegt an einem Endpunkt des Körpers.

Zweiarmiger Hebel? Der Stützpunkt liegt innerhalb des Körpers.

Gleichgewicht für den einarmigen Hebel? Wenn sich die Kräfte umgekehrt verhalten, wie die Entfernungen ihrer Angriffspunkte vom Drehpunkte.

Gleichgewicht für den zweiarmigen Hebel?

Wenn auf beiden Seiten die Producte aus Kraft und Hebelarm einander gleich sind.

Wellrad? Modification des Hebels. —

Eine runde Scheibe oder ein Rad oder auch nur einige Speichen eines solchen auf einer drehbaren Welle befestigt. Die Last hängt an einem um die Welle gewundenen Seil, die Kraft greift am Umfang des Rades an.

Gleichgewicht? Wenn sich die Kraft zur Last verhält wie der Halbmesser der Welle zu dem des Rades.

Rolle? Modification des Hebels. — Man unterscheidet feste und lose Rollen.

Feste Rolle? Eine kreisrunde, in ihrem Mittelpunkt befestigte, von einem Seil umschlungene Scheibe, an dessen einem Ende die Kraft wirkt, während am anderen die zu hebende Last befestigt ist. **Gleichgewicht?** Wenn Kraft und Last einander gleich sind. Die feste Rolle dient also nicht zur Erzielung eines Kraftgewinns, sondern nur als Leit- oder Richtungsrolle.

Lose Rolle? Eine Rolle, die sich in einer Schere dreht; an dieser ist die Last aufgehängt; das eine Ende des Seils ist befestigt, am andern wirkt die Kraft. **Gleichgewicht?** Wenn die Kraft gleich der Hälfte der Last. (Ein einarmiger Hebel: Stützpunkt = Punkt, an welchem das befestigte Seil die Rolle berührt, Angriffspunkt der Last = Mittelpunkt der Rolle, Angriffspunkt der Kraft = Berührungspunkt des freien Seils.)

Flaschenzug? Eine Combination aus einer gleichen Anzahl fester und loser Rollen. Jede Gruppe ist in einer Schere (oder Flasche) drehbar; die obere Schere ist befestigt, die untere trägt die Last. Ein Seil verbindet die Rolle und bildet den Angriffspunkt der Kraft. **Gleichgewicht?** Wenn die Kraft = dem Quotienten aus Last und der Anzahl der verbundenen Rollenpaare.

Wage? Eine Anwendung des Hebels. — Die zu wissenschaftlichen Zwecken ausschliesslich gebrauchte, beste und einfachste Wage ist ein gleicharmiger Hebel. Die Mög-

lichkeit eines genauen Wägens (d. i. des Vergleiches der beiderseits von den aufgehängten Lasten hervorgebrachten Momente) ist bedingt durch die Genauigkeit und Empfindlichkeit der Wage.

Die Genauigkeit der Wage hat zur Voraussetzung, dass 1. zu beiden Seiten des mittleren Stützpunktes genau gleiche und gleichmässig verteilte Massen liegen, und dass 2. der Schwerpunkt des Wagebalkens unterhalb des Stützpunkts (des stabilen Gleichgewichts halber) sich befindet.

Die Empfindlichkeit der Wage wird dadurch erreicht, dass man 1. den Stützpunkt in der Mitte und diejenigen für das Gehänge der Wagschalen als Stahlschneiden arbeitet, die in Rinnen von Stahl oder Achat ruhen, um die Reibung möglichst zu verringern, 2. den Wagebalken möglichst leicht (durchbrochen) und ziemlich lang macht, endlich 3. den Schwerpunkt möglichst nahe unter die Mittelschneide legt.

Römische oder Schnellwage? Ein ungleicharmiger Hebel. Am kürzeren Arm hängt die Last, am längeren graduirten Arm wird ihr durch ein einziges, verschiebbares Gewicht (Laufgewicht) das Gleichgewicht gehalten.

Decimalwage? Ungleicharmiger Hebel, dessen Arme sich verhalten wie 1 : 10. Am kurzen wirkt die Last, am langen die Kraft, welche 10 mal kleiner sein darf, um Gleichgewicht hervorzurufen.

Schiefe Ebene? Eine zum Horizont mehr oder weniger geneigte Ebene. Wenn ein Körper auf die schiefe Ebene gelegt wird, so wirkt auf ihn ursprünglich nur eine Kraft, die Schwerkraft; diese zerlegt sich, da in senkrechter Richtung eine Bewegung des Körpers unmöglich ist, in zwei Componenten. Die eine wirkt in der Richtung, in welcher sich der Körper bewegen kann — also parallel zur schiefen Ebene (Parallelkraft), die andere senkrecht zu ihr (Normalkraft).

Gleichgewicht? Aus der Ähnlichkeit der beiden das Parallelogramm zusammensetzenden rechtwinkligen Dreiecke

mit einem ebensolchen, dessen Hypotenuse durch die schiefe Ebene, dessen Katheten durch deren vertikale Höhe und Basis gegeben sind, findet man

für die Componente I: Die bewegende Kraft verhält sich zur Last, wie die Höhe der schiefen Ebene zu ihrer Länge;

für die Componente II: Der Druck verhält sich zur Last, wie die Basis zur Länge.

Keil? Modifikation der schiefen Ebene. Gewöhnlich ein gleichschenkliges dreiseitiges Prisma mit Schneide, Rücken und dem gegenüberliegenden Keilwinkel.

Gleichgewicht? Da hier den beiden Lasten, welche als Widerstände des zu spaltenden Körpers senkrecht auf die Seitenflächen des Keils wirken, die Kraft des senkrecht eingetriebenen Keils das Gleichgewicht halten soll (als Resultante), so ergibt sich: Kraft zu Last, wie Keilrücken zu Keilseite.

Schraube? Modification der schiefen Ebene. — Eine Schraube stellt eine um einen Cylinder als Schraubenspindel gewundene schiefe Ebene dar, deren Hypotenuse eine fortlaufende Schraubenlinie bildet und aus dem Cylindermantel als Erhöhung herausgearbeitet ist. Dieses Gewinde ist drehbar in entsprechend vertieften Windungen eines Hohlcyllinders, der Schraubenmutter.

Gleichgewicht? Die Schraubenmutter ist so befestigt, dass die Spindel senkrecht steht; an dem einen Ende der letzteren wirkt die Last ebenfalls vertical (entweder als herabziehende Last oder als Widerstand eines zu pressenden Körpers), an dem anderen Ende wirkt am Umfang eine wagerechte Kraft. Wenn wir die Gänge der Schraubenmutter als schiefe Ebene ansehen, den Abstand zweier Schraubengänge als Höhe und den Umfang der Spindel als Basis derselben, so haben wir eine Last, die senkrecht auf die schiefe Ebene und eine Kraft, die parallel zu ihrer Basis wirkt, daher:

$$\text{Kraft zur Last} = \frac{\text{Höhe}}{\text{Ganghöhe}} : \frac{\text{Basis}}{\text{Umfang der Spindel.}}$$

Geodynamik.

Stoss? Das Zusammentreffen einer bewegten Masse mit einer andern, in Ruhe oder ebenfalls in Bewegung befindlichen. — Die Stosskräfte sind als Wirkung und Gegenwirkung (Gesetz v. Newton) stets einander gleich; die Geschwindigkeiten, die sie den Massen erteilen, sind diesen umgekehrt proportional.

I. Sind die zusammenstossenden Massen unelastisch, so wird infolge des gegenseitigen Drucks ihre Form dauernd verändert und ihre Geschwindigkeiten derart, dass der Geschwindigkeitszuwachs der einen zu der Geschwindigkeitsabnahme der andern im umgekehrten Verhältniss zu ihren Massen stehen — also die Geschwindigkeiten dieselben geworden sind. —

Sind die Massen und Geschwindigkeiten gleich, so erfolgt Aufhebung der Bewegungen, Ruhe nach dem Stoss.

II. Stossen zwei elastische Massen zusammen, so werden sie noch zusammengedrückt und erhalten dieselben Geschwindigkeiten; sobald aber der gegenseitige Druck aufhört, springen die eingedrückten Stellen vermöge ihrer Elasticität mit der gleichen Kraft wieder heraus und erteilen den beiden Massen nochmals dieselbe Geschwindigkeitsänderung, die sie schon beim Zusammenprall erlitten hatten. —

Sind die Massen gleich, so gehen sie nach dem Stoss mit vertauschten Geschwindigkeiten weiter.

Trifft ein elastischer Körper gegen eine feste Wand, so prallt er mit derselben Geschwindigkeit wieder zurück — in derselben Richtung, wenn er senkrecht; unter dem nämlichen Winkel, wenn er schief gegen die Wand traf.

Gleichförmig beschleunigte (verzögerte) Bewegung? Ein Körper befindet sich in gleichförmig beschleunigter Bewegung, wenn eine constante Kraft ihm in jeder Sekunde die gleiche Geschwindigkeit ertheilt, während er vermöge

des Beharrungsvermögens stets die in der vorhergehenden Sekunde erhaltene Geschwindigkeit in der folgenden beibehält, wenn also der Geschwindigkeitszuwachs in gleichen Zeiten der gleiche ist. Die Ursache einer gleichförmig beschleunigten Bewegung kann also nur eine constante Kraft sein. Die Beschleunigung ist direkt proportional der wirkenden Kraft, indirekt proportional der Masse.

Gesetze der gleichförmig beschleunigten Bewegung?

Werden am bequemsten an der Atwoodschen Fallmaschine beobachtet. (Galilei fand sie zuerst mittels der schiefen Ebene.)

I. Die Geschwindigkeit ist der Bew.-Zeit proportional.

II. Nehmen wir die Endgeschwindigkeit der 1. Sek. = a an, so können wir sagen, dass der Körper sich in dieser Sekunde mit der mittleren Geschw. = $\frac{1}{2}a$ gleichmäfsig fortbewegt und einen Weg = $\frac{1}{2}a$ zurücklegt; aus der Anfangsgeschwindigkeit a und der Endgeschwindigkeit $2a$ der 2. Sek. ergibt sich für diese die mittlere Geschw. und der Weg $\frac{3}{2}a$ u. s. f. Die Wege in den einzelnen Sekunden verhalten sich also wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7 . . .

III. Daraus ergibt sich: Die ganzen Wege verhalten sich wie die Quadrate der Bew.-Zeiten.

Alle diese Verhältnisse sind erschöpfend in folgenden Formeln ausgedrückt (t = Bew.-Zeit, s = Weg, a = Beschl.)

$$\text{I } v = at$$

$$\text{II } s = t^2 \cdot \frac{1}{2}a$$

Freier Fall? Der freie Fall ist die Wirkung der Anziehungskraft der Erde auf einen nicht unterstützten Körper. Da die Schwerkraft für alle der Erdoberfläche nicht allzuferne Körper als constant genommen werden darf, so ist der freie Fall eine gleichförmige beschleunigte Bewegung.

Der Geschwindigkeitszuwachs, den die Schwerkraft (s. d.)

$$s = c \cdot t$$

$$v = g \cdot t$$

$$s = \frac{1}{2} g t^2$$

$$m = \frac{p}{g}$$

$$p = g \cdot m$$

— 13 —

den Körpern pro Sek. erteilt, — die Beschleunigung der Schwere beträgt im Mittel 9,81 m (Paris: $g = 9,8096$).

$$\text{I } v = 9,81 \cdot t$$

$$\text{II } s = \frac{9,81}{2} t^2 ;$$

Verticaler Wurf? Wird ein Körper vertical aufwärts geworfen, so erleidet er in jeder Sek. durch die entgegenwirkende Schwerkraft eine Geschwindigkeitsabnahme $g = 9,81$ m. Vermöge seiner anfänglichen Geschwindigkeit a würde er in t Sek. einen Weg at nach aufwärts zurücklegen, vermöge der Schwerkraft einen Weg $\frac{1}{2} g t^2$ nach abwärts — sein wirklicher Weg ist also $at - \frac{1}{2} g t^2$.

Der Körper steigt demnach mit gleichförmig verzögerter Geschwindigkeit empor und zwar solange, bis seine Endgeschwindigkeit Null geworden ist : $0 = a - g t$;

daraus die Steigzeit $t = \frac{a}{g}$. Die Steighöhe erhält man durch Einsetzen dieses Wertes in die Gleichung $s = at - \frac{1}{2} g t^2$

$$s = \frac{a^2}{g} - \frac{1}{2} g \left(\frac{a}{g} \right)^2 = \frac{a^2}{2g}.$$

Das Herabfallen erfolgt nach den gewöhnlichen Fallgesetzen; der Körper braucht dazu die gleiche Zeit wie zum Steigen und kommt mit derselben Geschwindigkeit unten an, mit der er geworfen wurde.

Schiefer Wurf? Wirft man einen Körper schief aufwärts, so würde er, sich selbst überlassen, vermöge des Beharrungsvermögens diese Richtung beibehalten; durch die nach abwärts wirkende Schwerkraft jedoch wird er fortwährend von dieser gradlinigen Bahn um Wegstrecken abgelenkt, die sich verhalten wie die Quadrate der zugehörigen Zeiten. (Sinkt er z. B. in der 1. Sek. um 1 m herab, dann sinkt er in der 2. Sek. um 4 m, in der 3. Sek. um 9 m etc.) Die Flugbahn müsste demnach eine Parabel darstellen, bestehend aus zwei einander gleichen

Parabelästen, die in gleicher Zeit durchflogen werden, und die grösste Wurfweite müsste sich bei gleichbleibender Anfangsgeschwindigkeit beim Wurf unter einem Elevationswinkel von 45^0 erreichen lassen; in Wirklichkeit wird der geworfene Körper durch den grossen Luftwiderstand von der parabolischen Bahn in die sog. ballistische Kurve (mit verkürztem absteigendem Ast) abgelenkt, und der Elevationswinkel, unter welchem die grösste Wurfweite erzielt wird, liegt zwischen $30-35^0$.

Horizontaler Wurf? Wirft man einen Körper in waagrechter Richtung, so beschreibt er (theoretisch) den absteigenden Ast einer Parabel.

Pendel? Jeder um eine horizontale Axe drehbarer schwerer Körper. Man unterscheidet ein mathematisches und ein physisches Pendel.

Mathematisches Pendel? Ein solches, dessen Körper als Punkt und dessen Aufhängefaden gewichtslos gedacht ist.

Rückt man ein Pendel (das dem mathematischen annähernd entspricht: etwa eine kleine schwere Kugel an einem möglichst dünnen Faden) aus seiner verticalen Gleichgewichtslage, so kehrt es dahin zurück (indem sich die auf den Körper wirkende Schwerkraft in zwei Componenten zerlegt, von denen die eine den Faden gespannt erhält, die andere aber diese Bewegung des Körpers verursacht) und schwingt noch infolge der beim Passieren der Gleichgewichtslage erlangten grössten Geschwindigkeit auf der anderen Seite ebensoweit hinauf, wobei es seine Geschwindigkeit gerade im höchsten Punkte durch die entgegenwirkende Schwerkraft verliert. Das Pendel hat also von einem höchsten Punkte zum anderen eine Schwingung gemacht, beginnt nun in gleicher Weise nach entgegengesetzter Richtung eine zweite und würde mit derselben Schwingungsweite (od. Amplitude = dem Centriwinkel zwischen einem höchsten Punkte und der Gleichgewichtslage) immer fortschwingen,

wenn dieselbe nicht durch Reibung und Luftwiderstand stetig verkürzt würde.

Pendelgesetze?

In der die Schwingungsdauer ausdrückenden Gleichung:

$$t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}; \quad \text{wobei } l = \text{Pendellänge} \\ \pi = (\text{Ludolfsche Zahl}) \, 3,14$$

sind alle Gesetze der Pendelschwingungen enthalten.

Die Schwingungsdauer ist demnach

1. proportional der Quadratwurzel aus der Pendellänge,
2. umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der auf das Pendel wirkenden Kraft resp. Beschleunigung der Schwere;

Die Schwingungsdauer ist unabhängig von der Schwingungsweite (falls diese nicht zu gross ist) und von der Masse und Gestalt des Körpers.

Die Schwingungszahl ist umgekehrt proportioniert der Schwingungsdauer.

Sekundenpendel? Ein solches, das genau in je 1 Sek. eine Schwingung macht.

Setzt man $t = 1$ und diesen Wert in die obige Pendelgleichung:

$1 = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}$, so ergibt sich für die Länge des Sekundenpendels:

$$l = \frac{g}{\pi^2} (= \text{ca } 1 \text{ m});$$

für die Beschleunigung: $g = \pi^2 l$.

Es lässt sich also eine Grösse durch die andere bestimmen; da eine genaue Messung der Länge des Sekundenpendels möglich ist, so ist dies die genaueste Methode zur Bestimmung von g . (Die hauptsächlich hierdurch für die Schwerkraft gewonnenen Resultate siehe bei „Schwerkraft“).

Physisches Pendel? Jedes wirklich darstellbare Pendel, wenn es dem mathematischen Pendel auch noch so nahe kommt, ist ein physisches Pendel: so viele einzelne

Massenteilchen der Körper (Kugel, Perpendikellinse) besitzt, aus einer solchen Anzahl mathematischer Pendel ist es zusammengesetzt zu betrachten. Diese infolge ihrer verschiedenen Entfernung vom Aufhängepunkt mit verschiedener Geschwindigkeit schwingenden Pendel verzögern, da sie fest verbunden sind, oder beschleunigen gegenseitig ihre Bewegungen, so dass eine mittlere Bewegung resultiert. Die reducierte Pendellänge gibt die eines mathematischen Pendels an, das ebenso rasch schwingt wie das gegebene physische Pendel.

Centralbewegung | Centrifugal- und Centripetalkraft?

Eine Centralbewegung (d. i. die krummlinige Bewegung eines Körpers um einen Punkt) entsteht stets, wenn ein Körper durch eine constante Kraft beständig von der Bahn abgelenkt wird, welche er vermöge der Trägheit zu verfolgen bestrebt ist. Die Kraft, welche den Körper unausgesetzt nach einem Mittelpunkt hin zu ziehen sucht, ist die Centripetalkraft. Dieser wirkt eine andere Kraft entgegen, welche verhindert, dass der Körper nach dem Mittelpunkt hingezogen wird, ihr also das Gleichgewicht hält. Sie ist gleich gross, ihre Richtung steht in jedem Punkte der Bahn senkrecht zur Centripetalkraft, wird also durch die in diesem Punkte an die Bahn gelegte Tangente angegeben — Centrifugalkraft; der Körper sucht sich stets vom Centrum zu entfernen.

Gesetze der Centralbewegung?

Die Grösse der Centralkräfte ist ausgedrückt in der Gleichung:

$$p = \frac{mv^2}{r};$$

d. h. die Centralkräfte sind prop. $\left\{ \begin{array}{l} \text{der Masse} \\ \text{dem Quadrate der Ge-} \\ \text{schwindigkeit,} \end{array} \right.$
umgekehrt prop. dem Halbmesser der Bahn.

Wird (bei gleichförmiger Bewegung) statt der Geschwindigkeit die Umlaufszeit T angegeben, so berechnet sich die Grösse der Centralkräfte beim Einsetzen des Werts

$v = \frac{2r\pi}{T}$ in ihre obige Gleichung:

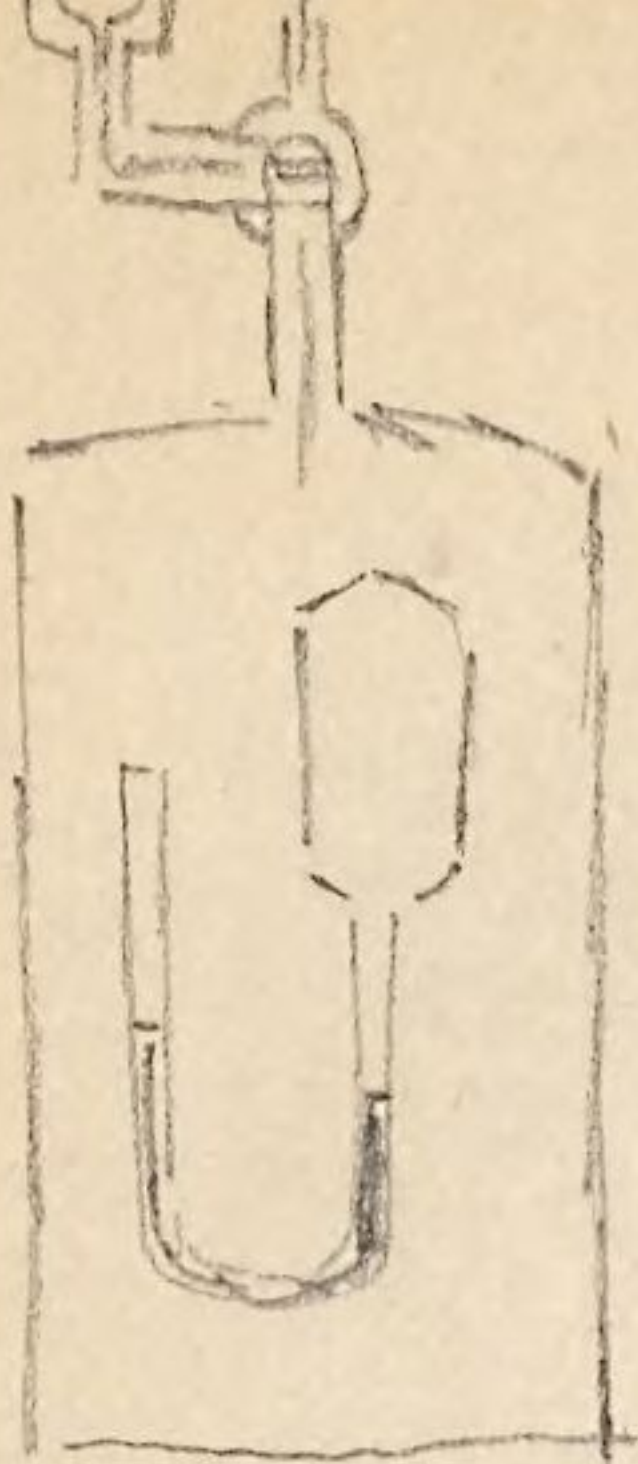
$$P = \frac{4r\pi^2 m}{T^2}$$

d. h. die Centralkräfte eines mit constanter Geschwindigkeit im Kreis bewegten Körpers ist prop. $\begin{cases} \text{der Masse} \\ \text{dem Halbmesser} \\ \text{der Bahn,} \end{cases}$
umgekehrt prop. dem Quadrate der Umlaufszeit.

$$\begin{aligned} s &= v \cdot T \\ T &= \frac{s}{v} \\ v &= \frac{s}{t} \end{aligned}$$

Kepler's Gesetze:

- I. die Planeten bewegen sich um die Sonne in ellipt. Bahnen, deren Mittelpunkt in der Sonne ist.
- II. der Radius vector eines Planeten beschreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume
- III. die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der grossen Halbachsen ihrer Bahnen oder ihrer mittlern Entfernungen von der Sonne.



Flüssigkeiten.

Eigenschaften? Sie zeichnen sich vor den festen Körpern aus durch die leichte Verschiebbarkeit ihrer Teilchen (geringe Cohäsion); Elasticität zeigen sie nur hinsichtlich ihres Volumens, jedoch gar nicht hinsichtlich ihrer Form, so dass sie lange Zeit für nicht zusammendrückbar gehalten wurden.

Hydrostatisches Grundgesetz? Ein auf eine Flüssigkeit ausgeübter Druck pflanzt sich

{ nach allen Richtungen,
 { mit gleicher Stärke

fort. (Pascal 1648.)

Hydraulische Presse? Beruht auf diesem Grundgesetz. — Ein weiter Cylinder, verschlossen durch den Presskolben, ist durch eine Röhre mit einem engeren Cylinder verbunden, welcher den Pumpenkolben enthält. Der Presskolben wird durch den Druck der comprimierten Flüssigkeit mit einer Kraft gehoben, die im Vergleich zum Pumpdruck soviel mal grösser ist, als der Querschnitt des Presskolbens denjenigen des Pumpenkolbens übertrifft. Die zu pressenden Gegenstände werden von ersterem gegen ein mit der Grundlage fest verbundenes Widerlager gedrückt.

Bodendruck? Der Druck einer Flüssigkeit auf den Boden eines Gefässes = dem Gewicht einer lotrechten Flüssigkeitssäule, vom Boden bis zum Spie-

gel errichtet. Ganz gleichgültig ist die Form des Gefässes. (Hydrostatisches Paradoxon.)

Seitendruck? = dem Gewicht einer Flüssigkeitsäule, die das Seitenstückchen als Grundfläche und seinen Abstand vom Spiegel als Höhe hat. Der Seitendruck wirkt senkrecht auf jedes Flächenstückchen. (Segnersches Wasserrad, Reaktionsturbinen.)

Auftrieb? Nach dem hydrostat. Grundgesetz pflanzt sich der Druck „nach allen Richtungen“ fort; er muss also auch nach oben wirken: Auftrieb.

Auftrieb = dem Gewicht einer Flüssigkeitsäule, die den Boden des eingetauchten Körpers zur Basis und den Spiegel zur Höhe hat, minus dem Gewicht einer solchen, welche die obere Seite des Körpers und den Spiegel zur Höhe hat (die Seitendrucke heben sich auf), d. h. die Kraft des Auftriebs = dem Gewicht einer Wassersäule vom Volumen des Körpers, daher

Archimedisches Princip? Der eingetauchte Körper verliert soviel an Gewicht, als dasjenige der von ihm verdrängten Flüssigkeitsmasse beträgt. (Beweis durch die hydrostatische Wage, d. i. eine gewöhnliche zweiarmige Wage mit bequemer Vorrichtung zum Wägen unter und über Wasser.)

Specifisches Gewicht? Die Zahl, welche angibt, wie vielmal ein Körper schwerer ist als ein gleiches Volumen reinen Wassers bei 4 ° Celsius (d. i. im Zustand seiner grössten Dichtigkeit).

Schwimmen? Ein Körper schwimmt, wenn sein Gewicht kleiner ist, als das eines gleichgrossen Volumens der Flüssigkeit; er schwebt, wenn es diesem gerade gleich ist.

Aräometer? Schwimmende Körper zur Bestimmung des spec. Gew. oder des Procentgehalts einer Flüssigkeit an den ihren Kaufwert bedingenden Bestandteilen. — Sie bestehen aus einer Glasröhre, die nach unten zum Zweck des senkrechten Schwimmens in eine kleine mit Quecksilber be-

$$\text{Spec. Gew.} = \frac{\text{absol. Gew.}}{\text{Gew. d. gleich. Vol. H}_2\text{O}}$$

schwerte Kugel, nach oben in eine graduierte, überall gleichweite Spindel verläuft. Daran, dass das Aräometer mehr oder weniger tief versinkt als in derjenigen Flüssigkeit, nach der die Scala gearbeitet ist, erkennt man spec. Gew. oder Procentgehalt. (Scalenaräometer, Alkoholometer, Milchwagen etc.)

Gesetze der communicierenden Röhren?

I. Sind zwei Röhren oder Gefässe, die unten durch eine Röhre verbunden sind, mit einer Flüssigkeit gefüllt, so steht sie in beiden gleich hoch. (Beruht auf dem allgemeinen Druckgesetz.)

II. Sind die communicierenden Röhren mit verschiedenen, nicht mischbaren Flüssigkeiten gefüllt, so stehen diese dann im Gleichgewicht, wenn ihre auf der Trennungsfläche errichteten Höhen sich umgekehrt verhalten wie ihre spec. Gewichte.

Kanal- oder Wasserwage? Auf Gesetz I beruhend. Eine auf einem Gestell horizontal befestigte Blechröhre, an deren Enden vertical gerichtete Glasröhren eingesetzt sind. Da die Gesichtslinie beim Hinblicken über beide Wasserspiegel der gefüllten Röhre horizontal ist, so bedient man sich des Instruments zum Nivellieren.

Libelle? In eine Metallhülse gefasste, gegen ihre Mitte hin etwas ausgebauchte Glasröhre, welche bis auf ein Luftbläschen mit Weingeist gefüllt ist. Das Instrument liegt genau wagrecht, wenn die Blase die höchste an der Hülse markierte Stelle in der Mitte der Röhre einnimmt.

Ausflussgeschwindigkeit? Die Geschwindigkeit, mit welcher Flüssigkeiten aus Gefässen oder Röhren ausströmen, = der eines vom Flüssigkeitsspiegel zum Niveau der Öffnung frei herabfallenden Körpers; sie ist unabhängig von der Beschaffenheit der Flüssigkeit. (Torricelli.) $v = \sqrt{2gh}$

Ausflussmenge? = Geschwindigkeit . Querschnitt der Öffnung. Nur theoretisch richtig: in Wirklichkeit nur $\frac{2}{3}$ des Produkts wegen Zusammenziehung des Strahles nächst der Öffnung. (Contractio venae.)

$$w. v = w. \sqrt{2gh}$$

Wirkungen der Cohäsion? Die Flüssigkeiten suchen infolge der Cohäsion ihre Oberfläche möglichst zu verkleinern, d. i. Kugelgestalt anzunehmen. Zu sehen an Wassertröpfchen, die dem Einfluss der Schwerkraft und Adhäsion möglichst entzogen sind, ferner an weiten Gefässen, wo jene Molecularkraft bei geringer Adhäsion rings an der Gefässwand eine Erniedrigung des Niveaus erzeugt (Randwinkel) und endlich an sehr engen, haarfeinen Röhrchen (Capillarröhrchen), wo sie die Oberfläche vollständig krümmt (convexer Meniscus) und sogar herabzieht (Capillardepression).

Wirkungen der Adhäsion? Die Adhäsion erzeugt in weiten Gefässen, wenn sie stärker wirkt als die Cohäsion, ebenfalls einen Randwinkel; in diesem Fall tritt jedoch eine Erhöhung des Niveaus rings an der Gefässwand ein; in Capillarröhrchen bildet sie einen concaven Meniscus und hebt die Flüssigkeit. (Capillarattraction.)

Diffusion? Die lediglich auf Adhäsion beruhende allmähliche gegenseitige Durchdringung und Mischung zweier vorsichtig übereinander gegossener Flüssigkeiten (z. B. Weingeist — Wasser). Diffusion tritt nur ein, wenn dieselben mischbar sind, d. h. wenn die Cohäsion der einzelnen der gegenseitigen Adhäsion genügenden Widerstand nicht entgegenzusetzen vermag. (Öl — Wasser z. B. mischen sich nicht.)

Osmose? Diffusion durch eine feinporöse Scheidewand (Pergamentpapier, tier. Membran). Steigt die eine Flüssigkeit entgegen ihrer Schwere durch dieselbe in die Höhe, so spricht man von Endosmose im Gegensatz zu Exosmose. („Vgl. in Chemie Dialyse : Colloide — Krystalloide“.)

Flüssigkeiten üben keine Spannkraft aus, sondern nur Druck.

Gase.

Eigenschaften? Den luftförmigen Körpern oder Gasen ist wie den Flüssigkeiten die leichte Verschiebbarkeit der Teilchen und gleichartige Druckfortpflanzung eigen; besonders zeichnen sie sich aus durch ihre leichte Zusammendrückbarkeit und ihr unbegrenztes Expansionsbestreben. (Sie besitzen daher kein selbständiges Volumen und müssen in Gefäßen eingeschlossen werden.)

Luftdruck? Der Druck, den die unsere Erde umgebende Luftschicht, die Atmosphäre, auf die Erdoberfläche und die auf ihr befindlichen Körper ausübt.

Dieser Luftdruck (1 Atm) ist auf dem Meerespiegel durchschnittlich einer Wassersäule von ca 10 m oder gleich dem einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe.

Auf jedem qcm Fläche z. B. lastet also die Luft mit dem Gewichte solcher Flüssigkeitsäulen von 1 qcm Querschnitt = ca 1 kg. Der menschliche Körper ist demnach dem Luftdruck von etwa 10 100 kg ausgesetzt (Oberfläche = 1 qm genommen).

Torricellische Röhre? Das Instrument, mit welchem Torricelli zuerst das Vorhandensein des Luftdruckes und seine Grösse nachwies. Man füllt eine ca 80 cm lange, an einem Ende zugeschmolzene Glasröhre ganz mit Quecksilber, verschliesst das offene Ende mit dem Finger, kehrt die Röhre um und taucht sie vertical in eine mit Hg gefüllte Wanne,

worauf man den Finger entfernt. Das Hg fließt nur teilweise aus der Röhre heraus und bleibt 76 cm höher darin stehen als in der Wanne. Der Luftdruck ist es, welcher dieser Metallsäule von 76 cm Höhe das Gleichgewicht hält, indem er auf das Quecksilber in der Wanne wirkt und sich von dort nach allen Richtungen fortpflanzt. Der Raum, der nach Entfernung des Fingers über dem Hg in der Röhre entstand, ist luftleer — das Torricellische Vacuum.

Barometer? Zur Angabe des Luftdrucks bequem für dauernden Gebrauch eingerichtete Torricellische Röhren. Sie dienen

1. zu Höhenmessungen. (Bei einer jedesmaligen Erhebung von 10 m über die Meeresoberfläche sinkt der Luftdruck um 1 mm. Natürlich darf nur der mittlere Barometerstand Berücksichtigung finden.)

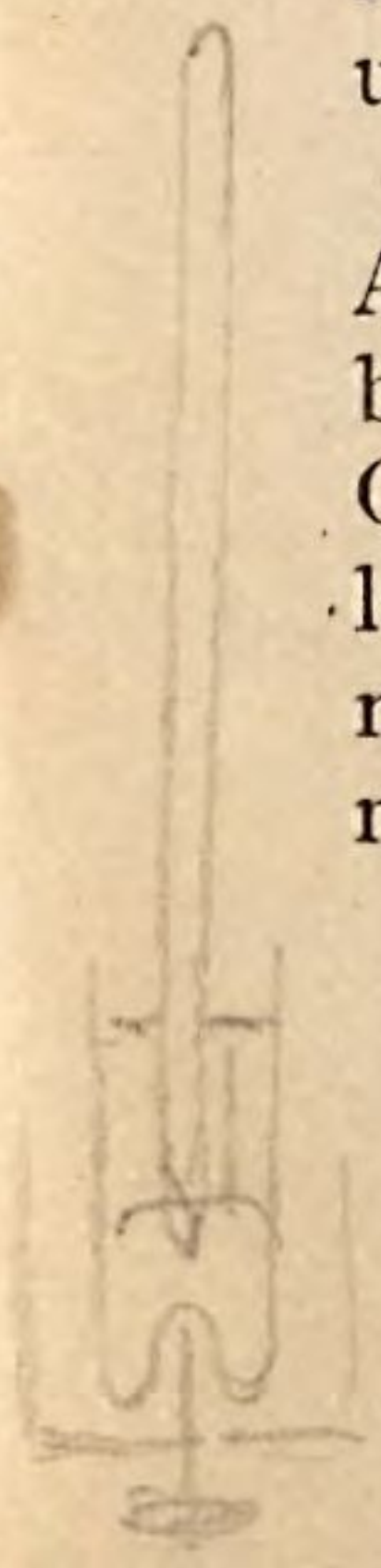
2. Zur Wetterprognose. (Jedem Witterungswechsel gehen Störungen im Gleichgewicht der Atmosphäre voraus.)

Quecksilberbarometer sind:

1. Das gewöhnliche Phiolen- oder Birnbarometer. Eine unten umgebogene Torricellische Röhre, der ein birnförmiges Gefäß als Wanne angeschmolzen ist. Da die an der Röhre befindliche Scala stets an der Oberfläche des Hg im Gefäß beginnen muss, diese jedoch beim Fallen und Steigen des Hg in der Röhre ziemlichen Schwankungen unterworfen ist, so zeigt dies Barometer sehr ungenau.

2. Das Gefäßsbarometer. Besitzt ein sehr weites Gefäß, wodurch jener Übelstand teilweise aufgehoben ist. Denn je weiter das Gefäß im Verhältnis zur Röhre, desto unbedeutender die Schwankungen.

3. Das Heberbarometer mit vollständig genauer Angabe. Das Gefäß ist hier durch eine heberähnliche Umbiegung der überall gleichweiten Röhre ersetzt. Das Quecksilber im kurzen Schenkel folgt den Schwankungen im langen Schenkel genau um gleiche Abstände. Um den Barometerstand zu bestimmen, stellt man das untere Quecksilberniveau der verschiebbaren Röhre auf die Scala ein.



Ein **Metallbarometer** (besonders für Reisen bequem) ist das

Aneroid- oder Holosterikbarometer. Dem Luftdruck wird bei diesem Instrument durch die Elasticität einer welligen, dünnen Metallblechwand, die auf einer luftleeren Dose ruht, das Gleichgewicht gehalten.

Luftpumpe? Hier wird das Ausdehnungsbestreben der Luft zur Verdünnung derselben in einem bestimmten Raum verwertet.

Gewöhnliche Luftpumpe? (Otto v. Guericke um 1640.) Ein Cylinder (Pumpenstiefel) mit luftdicht anschliessendem Kolben läuft in eine Röhre aus, die einen Zweiweghahn besitzt und im Boden eines plangeschliffenen Tellers mündet. Auf den Teller wird (der Körper gelegt, welcher der Einwirkung der Luftverdünnung ausgesetzt werden soll, und darüber) eine Glasglocke (der Recipient) luftdicht gestülpt. —

Beim Herausziehen des Kolbens dehnt sich die Luft des Recipienten auch in die Röhre und den Kolben aus und wird verdünnt. Durch einseitiges Absperren des Hahns wird die nun verdünnte Luft im Recipienten isoliert — die übrige dagegen mit der äusseren verbunden und durch Hinabdrücken des Kolbens hinausgeschafft. Man verbindet nun wieder Kolben und Recipient durch den Hahn, zieht den ersteren zurück und die Wirkung ist die gleiche. — Dass ein vollständiges Auspumpen der Luft unmöglich ist, geht aus dem Princip der Luftpumpe hervor.

Quecksilberluftpumpe? Hier wird das Torricellische Vacuum benutzt und grössere Verdünnung erreicht. Man verbindet den Recipienten mit einer nicht zugeschmolzenen, sondern durch einen Hahn verschlossenen, ganz mit Hg gefüllten Torricellischen Röhre. Lässt man das Quecksilber fallen und öffnet nun den Hahn, so dehnt sich die Luft im Recipienten auch auf das entstandene Vacuum aus und wird verdünnt. Fortsetzung wie bei der Luftpumpe.

Pumpen? Hier wird gleichfalls das Expansivbestreben der Luft, ferner der Luftdruck zum Heben von Flüssigkeiten verwertet.

Saugpumpe? Ein langer Cylinder (Pumpenstiefel) mit Kolben und Ausflussrohr verjüngt sich zu einer Röhre, welche in das zu hebende Wasser getaucht wird (Saugröhre). Zunächst wird wie bei der Luftpumpe die Luft im Saugrohr verdünnt und beim Hinabdrücken des Kolbens durch ein ihn durchbohrendes Ventil herausgeschafft, während gleichzeitig ein solches am Boden des Stiefels die verdünnte Luft im Saugrohr isoliert. Ist nun hier auf diese Weise genügende Luftverdünnung eingetreten, so wird das Wasser durch den äusseren Luftdruck im Stiefel emporgehoben, strömt beim Herabdrücken des Kolbens durch dessen Ventil in den oberen Teil des Stiefels und gelangt beim Hinaufziehen desselben vollends bis zur Ausflussröhre. Selbstverständlich darf der Stiefel nicht höher als 10 m über dem Wasserspiegel liegen.

Druckpumpe? Hat noch die weitere Aufgabe, das Wasser auf eine bestimmte Höhe zu heben. Der Kolben ist nicht durchbohrt; beim Herabdrücken desselben wird das Wasser im Stiefel in ein unten von diesem ausgehendes Steigrohr gepresst, an dem sich ein nach aufwärts zu öffnendes Ventil befindet.

Compressionspumpe? Zur Verdichtung der Luft in einem bestimmten Raume. Eine gewöhnliche Luftpumpe, deren Zweiweghahne man beim Arbeiten entgegengesetzte Stellungen gibt. Die Luft wird unter dem Recipienten in demselben Verhältnis verdichtet, wie bei umgekehrtem Gebrauch der Pumpe verdünnt.

Héronsball? Durch den Kork einer halbgefüllten Flasche ist luftdicht eine Röhre in die Flüssigkeit hinabgelassen. Diese spritzt heraus, wenn die innere Luft verdichtet oder die äussere verdünnt ist. (Siphonflasche, Windkessel der Feuerspritze, in den die Luft durch stete Wassereinpumpung mittels Druckpumpe comprimiert wird.)

Saugheber? Eine Röhre, welche ziemlich entfernt von ihrer Mitte in scharfem Knie gebogen ist. Saugt man am langen Schenkel, während der kürzere in die Flüssigkeit getaucht ist, so wird die Luft in der Röhre verdünnt und der

äussere Luftdruck vermag die Flüssigkeit in die Röhre hineinzutreiben. Da im längeren Schenkel eine höhere Flüssigkeitssäule ist als im kürzeren, so übt diese auch einen stärkeren Zug aus und das Ausfliessen dauert fort.

Stechheber? Glasröhre, die am unteren Ende sehr stark, am oberen weniger stark verengt ist. Man taucht sie beiderseits offen in Flüssigkeit, so dass sie sich bis zu deren Niveau füllt, verschliesst die obere Öffnung mit dem Daumen und zieht sie dann heraus. Dadurch, dass nun zunächst einige Tropfen herausfliessen, erhält die Luft in der noch immer verschlossenen Röhre einen grösseren Raum und wird verdünnt. Der äussere Luftdruck vermag nun der Flüssigkeit in derselben nebst dem Druck der inneren Luft das Gleichgewicht zu halten — die Flüssigkeit bleibt in dem Heber. (Man benutzt den Stechheber, um Proben aus Fässern etc. zu nehmen).

Pipette? Ein kleinerer, graduierter Stechheber zum Überfüllen.

Mariotte'sches Gesetz? Der Druck einer Gasmenge steht — bei gleichbleibender Temperatur — im umgekehrten Verhältnis zu ihrem Rauminhalt, im geraden zu ihrer Dichte.

Manometer? Vorrichtungen zum Messen des Drucks eingeschlossener Gase.

Quecksilbermanometer? Eine etwa gleich dem Heberbarometer gebogene, mit Quecksilber gefüllte Röhre, deren einer Schenkel mit dem Gasraum in Verbindung steht, während der andere oben zugeschmolzen ist und eine nach den Verhältnissen des Mariotte'schen Gesetzes gearbeitete Scala trägt.

Metallmanometer? Das beste und am meisten gebrauchte. Eine spiralförmig gebogene Röhre aus dünnem, elastischem Metallblech, deren eines Ende mit dem Gas-(Dampf-)raum verbunden, deren anderes verschlossen ist und einen längst einer Scala verschiebbaren Zeiger trägt. Je höher der Dampfdruck, desto mehr sucht sich die Röhre zu strecken.

$$v = \sqrt{2gh}$$

Ausströmungsgeschwindigkeit der Gase? Ist der Quadratwurzel aus dem Überdruck direkt, der aus dem spec. Gewicht umgekehrt proportional.

Diffusion der Gase? Die gegenseitige Durchdringung zweier ursprünglich getrennter Gase. **Diffusionsgesetz:** Entgegen dem Gesetz der Schwere mischen sich Gase derart, dass in dem dargebotenen Raum überall das gleiche Mischungsverhältnis besteht: jedes der Gase verbreitet sich also in dem ganzem Raum so, als ob das andere nicht vorhanden wäre. (Dies der Grund, warum die atm. Luft in allen Schichten constante Zusammensetzung besitzt, und der Sauerstoff, dessen spec. Gewicht 16 mal grösser als das des Stickstoffs, nicht herabsinkt).

Absorption der Gase?

I. Flüssigkeiten nehmen bestimmte ^{immer gleiche} Volumina eines Gases bei bestimmter Temperatur in sich auf. Die Gewichtsmenge des absorbierten Gases dagegen ist proportional dem Druck desselben auf die Flüssigkeit (s. Mariotte's Gesetz).

Absorptionscoefficient ist die Zahl, welche angibt, wieviele Raumteile eines Gases von einem Raumteil bei bestimmter Temperatur aufgenommen wird. Das Absorptionsvermögen einer Flüssigkeit ist für verschiedene Gase sehr verschieden; Wasser z. B. besitzt es in sehr hohem Grade für Ammoniak (bei 15°C : 727 Vol.), dagegen für Kohlensäure in weit geringerem (bei 15°C : 1 Vol.).

Die absorbierten Gase können durch Sieden meist vollständig ausgetrieben werden.

II. Auch feste Körper besitzen die Fähigkeit, Gase und zwar an ihrer Oberfläche zu verdichten. Fein gepulvertes Eisen absorbiert den Sauerstoff der Luft so gierig, dass es sich entzündet und verbrennt.

Mechanische (kinetische) Gastheorie? (Siehe zunächst die mechanische Wärmetheorie unter „Wesen der Wärme“.) Die von der Cohäsion befreiten Molecüle der gasförmigen Körper sind im Gegensatz zu der schwingenden Bewegung, deren diejenigen der festen und flüssigen Körper allein fähig sind,

in fortschreitender und zwar geradliniger, rascher Bewegung begriffen. Sie schiessen in den verschiedensten Richtungen dahin, treffen häufig zusammen, behalten aber ihre Geschwindigkeit, indem sie wie elastische Bälle voneinander abprallen. Aus dieser Theorie lassen sich alle Eigenschaften der Gase erklären; der überall senkrechte Druck z. B. auf die Wände des einschliessenden Gefässes ergibt sich aus der vereinigten Wirkung des nach allen möglichen Richtungen erfolgenden Anprallens der Molecüle.

60 - 400 Brillanten Wärme
400 - 800 — Licht.

Wärme.

Wärme? Die Ursache derjenigen Zustände eines Körpers, welche wir entweder bei Berührung oder auch schon in bestimmter Nähe desselben durch die sensiblen Hautnerven als heiss — warm — lau — kalt empfinden. Im ersteren Fall überträgt sich die Wärme von Körper zu Körper — geleitete Wärme, im letzteren muss sie erst ein Medium (z. B. Äther, Luft) durchschreiten — strahlende Wärme. Es unterscheiden sich wieder helle und dunkle strahlende Wärme, je nachdem die Wärmewirkung von einer Lichtwirkung begleitet ist oder nicht.

*** Wesen der Wärme?** Die frühere Annahme, dass die Wärmeerscheinungen durch das Eindringen grösserer oder geringerer Mengen eines feinen imponderabilen Wärmestoffs oder Fluidums bedingt sei — Wärmestofftheorie, wurde durch die jetzt allgemein herrschende mechanische Wärmestofftheorie verdrängt, welche allein von der Wärmestrahlung und der Umwandlung mechanischer Arbeit in Wärme eine ungezwungene Erklärung zu geben vermag.

Nach dieser Theorie besteht die Wärme eines Körpers in Schwingungen seiner Moleküle, welche wir zwar nicht sehen können, aber mittels unserer Gefühlsnerven als Wärme empfinden. Dass sich durch mechanische Arbeit (z. B. durch Reibung, Stoss) Wärme erzeugen lässt, ist hieraus unmittelbar verständlich: die Moleküle werden aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt und geraten vermöge ihrer Elasticität und Trägheit in lebhafte Schwingungen — der Körper erwärmt sich. Je grösser die Schwingungsampli-

tuden, desto grösser die Wucht der an unsere Haut anprallenden Molecüle: desto lebhafter die Wärmeempfindung. Sehr grosse Schwingungsweiten bedeuten eine Volumenausdehnung des Körpers — daher die ausdehnende Wirkung der „Wärme“. Überschreiten sie eine bestimmte Grenze, so wird die Cohäsion geschwächt, der Zusammenhalt der Molecüle gelockert — der Körper wird flüssig, erschmilzt; durch noch gewaltsamere Amplituden endlich wird die zusammenhaltende Kraft der Cohäsion ohnmächtig — der Körper geht in den gasförmigen Zustand über. So finden die Hauptwirkungen der „Wärme“, Ausdehnung und Aggregatzustandsveränderung, befriedigende Erklärung.

Mechanisches Äquivalent der Wärme? Die Arbeit von 424 kgm, welche aufgewendet werden muss, um 1 kg Wasser um 1° Celsius zu erwärmen. Dies ist das constante Umsetzungsverhältnis von Arbeit in Wärme oder umgekehrt (Robert Mayer 1842).

Temperatur? Der Wärmezustand eines Körpers. Er ist abhängig von den Amplituden und damit der lebendigen Kraft der schwingenden Molecüle. Absolut unbeweglich sind die Molecüle bei einer Temperatur von — 273° Celsius: absoluter Nullpunkt.

Thermometer? Instrumente zur Messung der Temperatur eines mit ihnen in Berührung befindlichen Körpers nach einer vereinbarten Scala. Sie beruhen, wie sie auch geartet sein mögen, sämtlich auf der (bekannten) Ausdehnung ihres Hauptbestandteils durch verschiedene Wärmegrade und werden daher unter dem einschlägigen Abschnitt (je nach ihrer Zugehör zu den Körpern der drei Aggregatzustände) besprochen werden. Nach der Genauigkeit ihrer Angaben sind sie zu ordnen: Metall-, Weingeist-, Quecksilber- und Luft- (Wasserstoff-)thermometer, wobei letzteres als vollkommenstes „Normalthermometer“ bezeichnet wird.

Wärmecapazität oder spec. Wärme? Hierunter versteht man diejenige Wärmemenge, welche 1 kg eines Stoffes bedarf, um um 1° C. erwärmt zu werden.

ist die Fähigkeit Wärme zu absorbieren um in den flüssigen Zustand überzugehen.

Sie ist für verschiedene Stoffe durchaus verschieden und wird durch die Einheit der Wärmemenge bestimmt.

Als Wärmeeinheit oder Calorie wurde dasjenige Wärmequantum festgesetzt, welches 1 kg Wasser erfordert, um sich um 1° C. zu erwärmen.

Die spec. Wärme eines Stoffes ist mittels dreier Methoden zu bestimmen. I. Mischungs-methode. Man mischt eine bestimmte Gewichtsmenge der Prüfungssubstanz mit einem gleichen Quantum Wassers von anderer Temperatur. Aus der eingetretenen Mitteltemperatur des Gemisches berechnet man die Temperaturabnahme des einen und die Temperaturzunahme des anderen Bestandteils und findet daraus, da beide Wärmemengen einander gleich sein müssen, das Verhältniss der Wärmecapacität.

II. Abkühlungs-methode. Beruht auf dem Satz, dass die von verschiedenen Körpern (im luftleeren Raum) bei gleicher Temperaturerniedrigung abgegebenen Wärmemengen sich verhalten wie die Abkühlungszeiten. Die grösste Wärmecapacität besitzt $H = 3,4$; dann folgt Wasser; Alkohol 0,566; Hg 0,033 etc. *3.) Eis schmelzen.*

Wärmeleitung? Das Vermögen der Wärmeleitung, d. i. Wärme rasch aufzunehmen und von den wärmeren auf die kühleren Stellen auszubreiten, ist verschiedenen Körpern in verschiedenem Masse eigen. Die besten Wärmeleiter sind die Metalle und unter diesen das Silber. Bezeichnet man dessen Leitungsfähigkeit (willkürlich) mit 100, so trifft z. B. auf Kupfer 74, Messing 23, Eisen 12, Platin 9, Wismut 2.

Halbleiter sind Steine, Porzellan, Thon (geben die Wärme auch langsamer wieder ab). Zu den schlechten Leitern gehören vor allem Luft, die Flüssigkeiten (die schnelle Durchwärmung z. B. des Wassers von unten herauf ist nur Folge der Circulation; dagegen gelingt es auf passende Weise die oberflächlichen Schichten zum Kochen zu bringen, während ein auf dem Grunde liegendes Eisstück nicht sichtlich schmilzt), endlich alle lockeren, also viel Luft enthaltenden Körper.

Das Wärmeleitungsvermögen der Metalle ist dem electrischen Leitungsvermögen proportional.

Ausdehnung aller Körper durch die Wärme.

I. Ausdehnung fester Körper? Sie ist so gering, dass man besonderer Apparate bedarf, um sie sichtbar und messbar zu machen; dafür ist die Kraft, mit der die Ausdehnung der festen Körper erfolgt, ausserordentlich gross. Am stärksten dehnen sich die Metalle aus, besonders Zink; Eisen, Platin, Glas besitzen diese Fähigkeit in dreifach geringerem Grade.

Längenausdehnungscoefficient? Gibt an, um welchen Bruchteil einer Länge bei 0° ein Körper bei der Erwärmung um 1° C. sich ausdehnt (z. B. $\frac{3}{100\,000}$ für Zink). Er gilt bei den festen Körpern — ihrer ziemlich gleichmässigen Ausdehnung halber — für alle Temperaturen.

Compensations- oder Rostpendel? Um die den gleichmässigen Gang einer Uhr störende Ausdehnung ihrer Pendelstange durch die Wärme zu compensieren, setzt man ein Pendel aus zwei Metallen, die sich verschieden stark ausdehnen, z. B. aus einer Zink- und einer Eisenstange, derart zusammen, dass die Linse durch die Ausdehnung der einen ebensoweit nach aufwärts, wie durch die der anderen nach abwärts geschoben wird.

Metallthermometer? Beruht ebenfalls auf der ungleichen Ausdehnung verschiedener Metalle, bietet jedoch im allgemeinen wenig verlässige Angaben.

Zwei zusammengelötete Streifen aus Messing und Stahl (od. Zink u. Eisen) sind in der Weise zu einer Spirale gedreht, dass das stärker ausdehnbare Metall sich innen befindet. Das eine Ende der Spirale ist befestigt, das andere kann einen Zeiger längs einer Scala verschieben. Bei zunehmen-

der Temperatur öffnet sich infolge der stärkeren Ausdehnung des Zinks die Spirale.

II. Ausdehnung flüssiger Körper? Die Flüssigkeiten dehnen sich unregelmässig aus, und zwar wächst der Ausdehnungscoefficient mit steigender Temperatur. Ausgenommen ist das Quecksilber, welches als Metall eine gleichmässige Ausdehnung zeigt. Die Kraft derselben ist auch bei den flüssigen Körpern sehr bedeutend.

Quecksilberthermometer? Das einfachste und verbreitetste Thermometer. Es besteht aus einer engen, überall gleich weiten Glasröhre, welcher unten ein dünnrandiges, meist kugelförmiges Gefäss angeblasen ist; die Kugel und ein Teil der Röhre sind mit Quecksilber gefüllt, der noch freie Raum der letzteren luftleer (der unbehinderten Ausdehnung des Hg halber und zur Vermeidung einer Oxydation).

Die Scala wird zunächst durch Feststellung ihrer Grenzen, der beiden Fundamentalpunkte: Gefrier- und Siedepunkt bestimmt, indem man das Quecksilberrohr in schmelzendes Eis, bzw. in Dämpfe siedenden Wassers taucht. Der Fundamentalabstand wird beim Réaumur-Th. in 80, beim Celsius-Th. in 100, beim Fahrenheit-Th. in 180 Grade geteilt. Bei letzterem trägt jedoch nicht der Gefrierpunkt die Bezifferung 0^0 wie bei den übrigen, sondern die Bezifferung 32^0 (da Fahrenheit in der Temperatur von -32^0 [Kältemischung] den absoluten Nullpunkt sah); der 100. Grad der F.'schen Scala trifft ungefähr mit der menschlichen Körpertemperatur (Mundhöhle) zusammen. Bei wissenschaftlichen Untersuchungen rechnet man gegenwärtig allgemein „nach Celsius.“

Weingeistthermometer? Da das Quecksilber bei -38^0 C. erstarrt, sind die mit diesem Metall gefüllten Thermometer für tiefere Temperaturen unbrauchbar. Man benützt hier eine Füllung von absolutem Alkohol, welche nur dickflüssig wird, aber nicht gefriert. Infolge der ungleichmässigen Ausdehnung rücken die Teilstriche der Scala nach oben immer weiter auseinander.

Maximum- und Minimumthermometer? Zeigen die innerhalb einer gewissen Zeit eingetretene grösste Erhöhung und Erniedrigung der Temperatur an. Auf einer Platte liegen horizontal ein mit Quecksilber und ein mit Alkohol gefülltes Thermometer. Das Metall schiebt bei seiner Ausdehnung ein Stahlstäbchen vor sich her und lässt es beim höchsten Stande liegen (Maximum-Th.); der Alkohol nimmt einen Glasstift vermöge der Adhäsion (Spannung seiner Oberfläche) mit zurück und lässt ihn bei der Ausdehnung liegen (Minimum-Th.)

Fieberthermometer? Ein kleines Maximumthermometer; der Stahlstift ist hier durch ein Quecksilbersäulchen vertreten, welches — vom übrigen Hg durch eine kleine Luftblase getrennt — nach Erreichung der höchsten Temperatur liegen gelassen wird.

Anomalie der Ausdehnung des Wassers? Wasser in reinem Zustande zeigt die eigentümliche Ausnahme, dass es sich bei der Temperaturerhöhung von 0° — $+4^{\circ}$ C. nicht ausdehnt, sondern zusammenzieht; erst bei weiterer Erwärmung beginnt die Ausdehnung. Wasser besitzt also bei 4° C. seine grösste Dichte und damit sein grösstes spec. Gewicht (1 l dest. Wasser von 4° wiegt 1 kg, auf 100° erhitzt um 41,4 g weniger).

Dies Verhalten des Wassers ist der Grund, warum die grossen Seen niemals bis auf den Grund gefrieren können. Hat sich nämlich die ganze Wassermasse bis auf 4° C. abgekühlt, so vermögen die oberen Wasserschichten bei noch weiterer Abkühlung nicht mehr nach unten zu sinken, weil sie specifisch leichter geworden sind. Es findet also keine Cirkulation mehr statt und das Wasser in der Tiefe wird stets eine gleichmässige Temperatur von 4° beibehalten (Wassertiere), während oben die Eisbildung eingetreten sein kann.

III. Ausdehnung der luftförmigen Körper?

Gay-Lussac'sches Gesetz: Alle Gase dehnen sich bei der Erwärmung unter gleichbleibendem Druck gleich stark aus und zwar für jeden Grad (C.) um $\frac{1}{273}$ ihres

Volumens bei 0° . Ist jedoch der Druck veränderlich, indem das Volumen constant bleibt (z. B. beim Erwärmen von Gasen in verschlossenem Gefäss), so gilt eine Combination dieses Gay-Lussac'schen mit dem Mariotte'schen Gesetze: Wenn ein Gas bei unverändertem Rauminhalt erwärmt wird, so steigert sich seine Expansivkraft für jeden Grad Erwärmung um $\frac{1}{273}$ derjenigen bei 0° .

Luftthermometer? Eine Wasser enthaltende U-förmige Glasröhre, deren einer Schenkel in eine mit Luft gefüllte Kugel ausläuft und deren anderer eine Scala trägt. Bei Temperaturzunahme dehnt sich die Flüssigkeit in der Kugel aus, schiebt die Wassersäule in einem Schenkel nach abwärts, im andern graduierten in die Höhe. Mit solchen und ähnlichen (z. B. auch mit H gefüllten) Apparaten erzielt man infolge der vollkommen gleichmässigen Ausdehnung der Gase die genauesten Messungen (Normalthermometer); man benutzt sie daher zur Controllierung der Quecksilberth. Die Gasthermometer umfassen ausserdem ein grösseres Temperaturbereich wie diese.

Volumenausdehnung ist prop. der Wärmezufuhr.

Veränderung des Aggregatzustandes durch die Wärme.

Schmelzpunkt? Die für jeden Körper constante Temperatur, bei welcher der Übergang vom festen zum flüssigen Aggregatzustand erfolgt. Schmelzbar sind alle Körper mit Ausnahme der Kohle und solcher, die durch die Hitze eine chem. Zersetzung erleiden. Manche Legierungen, z. B. das Schnelllot der Klempner (Zinn und Blei) haben einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Mischungsbildenden Metalle.

Das Schmelzen ist in der Regel mit einer Volumenvergrösserung verbunden; Wasser dagegen zeigt auch hier eine Ausnahme: es nimmt im geschmolzenen Zustand einen

geringeren Raum ein als im starren. Eis ist daher spec. leichter als Wasser.

Der Schmelzpunkt fällt mit dem Gefrierpunkt zusammen. Die Volumenänderung beim Erstarren ist der beim Schmelzen entgegengesetzt, nur Wasser dehnt sich beim Gefrieren aus (mit ungemeiner Kraft: Sprengung von Felsen). — Es gelingt eine Flüssigkeit weit über ihren Gefrierpunkt abzukühlen, wenn man Erschütterungen derselben vermeidet — unterkühlte Flüssigkeit.

Schmelzwärme? Obwohl dem schmelzenden Körper stets Wärme zugeführt wird, behält er doch während der ganzen Dauer des Schmelzens seine Schmelztemperatur unverändert bei. Alle während dieses Akts zugeführte Wärme erzielt keine Temperaturerhöhung der schmelzenden Masse, sondern wird lediglich dazu verbraucht, um die zusammenhaltende Kraft der Cohäsion zu überwinden, also z. B. den Schnee (Eis) von 0^0 in Wasser von 0^0 zu verwandeln. Die Wärmemenge, welche zum Überführen gerade eines kg desselben in den flüssigen Zustand erforderlich ist, nennt man die Schmelzwärme des Körpers oder, weil sie gleichsam von ihm gebunden wurde oder sich in ihm verborgen hat, gebundene oder latente Wärme. (Sie beträgt z. B. für Eis 80 Cal., für Phosphor und Blei nur 5, für Schwefel 9,4, für Silber 21 Cal.) — Beim Erstarren einer Flüssigkeit wird die gebundene Schmelzwärme wieder frei. (In einem wasserreichen Lande wird deshalb der Frosteintritt durch das Gefrieren der grossen Wassermengen bedeutend verzögert, die Winterkälte überhaupt gemildert).

Kältemischungen? Die Verflüssigung eines festen Körpers erfolgt nicht allein durch äussere Zufuhr von Wärme sondern auch durch Auflösung. Auch in diesem Falle wird Wärme (Lösungswärme) gebunden. Da der Körper jedoch nicht die erforderlichen Wärmemengen in der Umgebung findet, so entnimmt er sie der Lösung selbst, und deren Temperatur wird erniedrigt. Hierauf beruhen die Kältemischungen: Schnee oder gestossenes Eis und Salz geben ein Gemisch von -20^0 C. (hier verflüssigen sich

beide Bestandteile); Schnee u. Cl_2Ca oder verd. SO_4H_2 kühlen sich sogar auf -42 bis 50° ab.

Siedepunkt? Eine Flüssigkeit kann bei jeder Temperatur sieden, siedet aber stets nur dann, wenn die Spannkraft der bei der vorhandenen Temperatur sich entwickelnden Dämpfe grösser ist als der auf der Flüssigkeit lastende Druck (Luftdruck $+$ Bodendruck). Je geringer dieser ist, desto tiefer liegt der Siedepunkt.

Unter dem normalen Siedepunkt einer Flüssigkeit versteht man denjenigen Wärmegrad, bei welchem die Expansivkraft ihrer Dämpfe dem normalen Luftdruck, also einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht hält. Er ist für Wasser auf 100° , für Lustgas (N_2O) auf -88° , Äther $+33^\circ$, Chloroform $+61^\circ$ anzugeben.

Dass eine Flüssigkeit bei jeder Temperatur zum Sieden zu bringen, ist leicht ersichtlich, wenn man sie unter den Recipienten der Luftpumpe stellt. Ebenso stellen sich deren Siedepunkte tiefer bei bedeutender Erhebung über die Meeresoberfläche; auf dem Montblanc z. B., wo das Barometer nur 417 mm zeigt ($= \text{ca. } \frac{1}{2} \text{ Atm}$), beginnt Wasser schon bei 84° sich in Dampf zu verwandeln.

Verdampfungswärme? Analog der Schmelzwärme, dient alle einer — in offenem Gefäss — siedenden Flüssigkeit mitgeteilte Wärme nicht zu weiterer Erwärmung derselben oder des Dampfes, sondern wird lediglich dazu verbraucht, die Cohäsion der Flüssigkeitsteilchen vollends zu sprengen und den Atmosphärendruck zu überwinden, also z. B. Wasser von 100° in Wasserdampf von 100° zu verwandeln. Diese Verdampfungswärme, gebundene oder latente Wärme beträgt für Wasser 537 Calorien, für Äther 91 Cal.

Destillation? Bei der Condensation eines Dampfes, d. h. seiner durch Abkühlung hervorgerufenen Zurückverwandlung in den flüssigen Zustand, entbindet er die aufgenommene Verdampfungswärme. Man benützt dies, um eine Flüssigkeit von verunreinigenden, schwieriger verdampfbaren Stoffen zu befreien, zu destillieren. — Auch

die Dampfheizung beruht auf diesem Freiwerden der Verdampfungswärme bei der Condensation.

Verdunstungskälte? Nicht allein bei der Verdampfung, sondern auch bei der gewöhnlichen langsamen Verdunstung wird Wärme gebunden. Wie die sich auflösenden festen Substanzen (Kältemischungen), so müssen auch die verdunstenden Flüssigkeiten die zu bindende Wärme aus sich selbst oder den mit ihnen in Berührung kommenden Körpern entnehmen (daher das Kältegefühl bei Benetzung der Hand mit leicht verdampfenden „flüchtigen“ Stoffen, z. B. Äther, Salmiakgeist).

Gespannter Dampf, überhitztes Wasser? Erhitzt man Dämpfe noch über ihre Siedetemperatur — was nur in luftdicht verschlossenen Gefäßen möglich —, so steigert sich die Spannung des eingesperrten Dampfes, indem die sich aus der Flüssigkeit fortgesetzt entwickelnden neuen Dämpfe seine Dichte erhöhen — gespannter Dampf). Da dieser Steigerung des auf der Flüssigkeit lastenden Drucks auch ein höherer Siedepunkt entsprechen muss (s. o.), so schreitet die Flüssigkeit ebenfalls in der Temperaturzunahme fort, um stets zur Dampfbildung befähigt zu bleiben. (Überhitzte Flüssigkeit; überh. Wasser = Wasser von über 100° ; Verwendung beim Papin'schen Kochtopf (Digestor) mit festgeschraubtem Deckel und Sicherheitsventil).

Aus folgendem Bruchstück einer Tabelle

Wasserdampf	v. 100°	bes. Spannung v. 1	Atm,
Gesp. W.-Dampf	„ 120°	„ „	2 „
„ „	„ 200°	„ „	15 „
„ „	„ 270°	„ „	50 „

ersieht man, dass die Spannkraft in stets rascherem Verhältnis zunimmt.

Dampfmaschine? Die wichtigste Anwendung findet die Expansionskraft der gespannten Dämpfe bei der Dampfmaschine (erf. von Newcomen u. Carley 1705, vervollkommnet von James Watt. Die „erste Dampfmaschine“ baute letzterer 1785).

Ihr wesentlichster Bestandteil ist der Cylinder, in welchem sich ein luftdicht anschliessender Kolben vor- und rückwärts bewegt, je nachdem der zugeleitete Dampf auf seine Rück- oder Vorderseite wirkt. Auf dem Cylinder ist der Schieberkasten angebracht, welcher mit dem Dampfrohr verbunden ist und den zugeführten Dampf durch zwei Röhren in die Enden des Cylinders einströmen lässt. Die regelmässige Zuleitung auf die vordere oder hintere Seite des Kolbens wird dadurch vermittelt, dass der (im Schieberkasten bef.) Schieber durch die Schieberstange derart verschoben wird, dass er den Dampf in die eine Röhre einströmen lässt, gleichzeitig aber die andere Röhre verdeckt. Die richtige Bewegung und Stellung des Schiebers wird durch die auf der Schwungradaxe befestigte excentrische Scheibe (Excenter), also durch die Maschine selbst besorgt — Selbststeuerung. Der Schieber trägt in der Mitte einen Hohlraum, welcher den bereits thätig gewesenen Dampf durch ein Rohr entweichen lässt. Da dieser entweichende Dampf (Abdampf) geringer gespannt sein muss, als der neu einströmende Kesseldampf, um durch seinen Druck dessen bewegende Wirkung nicht zu hemmen, so wird er entweder in einen von kaltem Wasser umspülten Raum, den Condensator geleitet und hier sofort auf die Spannung ϕ verdichtet — wie dies bei der Niederdruck-, d. i. mit geringem Dampfdruck arbeitenden Maschine geschieht, oder man lässt ihn direkt ins Freie entweichen; in letzterem Fall muss der Kesseldampf auch noch die im Cylinder herrschende Spannung von 1 Atm überwinden, also bedeutend höhere Spannkraft besitzen — Hochdruckmaschinen (z. B. Locomotiven).

Die gradlinige (oscillierende) Bewegung des Kolbens wird in der Weise in die rotierende des Schwungrades verwandelt, dass die Kolbenstange beweglich mit der Schub- oder Pleuelstange verbunden ist, welche an der an der Axe befestigten Kurbel angreift.

Auf solche Art wird bei der Dampfmaschine die dem

Kessel zugeführte Wärme (zum Teil) in mechanische Arbeit umgesetzt.

Condensation der Gase? Gase kann man als ungesättigte Dämpfe ansehen, d. h. als solche, deren Dichte und Spannkraft nicht ihrer Temperatur entsprechen, und können sie daher durch Abkühlung und gleichzeitige Compression zu gesättigten Dämpfen und weiter zu Flüssigkeiten verdichtet werden. Dies gelingt bei der Mehrzahl der Gase — coercible Gase; nur einige: H, O, N, CO, NH₄, N₂O widerstanden bis auf die jüngste Zeit (Cailletet u. Pictet 1879, Wroblewsky u. Olczewsky 1883) allen darauf hinizielenden Versuchen und galten daher als nicht verdichtbare, permanente Gase.

Feuchtigkeit der Luft? Die variablen und für die Witterungserscheinungen höchst belangreichen Wasserdampfmen gen, welche die atmosphärische Luft infolge der unausgesetzten Verdunstung an der Oberfläche der Meere, Seen etc. erfüllen. Man misst sie nach dem Druck, mit welchem sie auf der Erde lasten und welcher für gewöhnlich mit dem eig. Luftdruck zugleich vom Barometer angegeben wird. (So ist z. B. in der Normalluftspannung = 760 mm auf dem Meerespiegel diejenige der Luftfeuchtigkeit mit inbegriffen).

Diesen in mm Hg angegebenen Dampfdruck oder die Gewichtsmenge des in einem cbm Luft gasförmig enthaltenen Wassers nennt man die absolute Feuchtigkeit derselben. Das Verhältniss der absoluten Spannung bei best. Temperatur zu der Maximalspannung oder der Feuchtigkeitscapacität, d. i. zu derjenigen Dampfmenge, welche die Luft bei jener Temperatur, um gesättigt zu sein, aufnehmen könnte, heisst relative Feuchtigkeit. Sie wird in Procenten der höchstmöglichen Dampfspannung ausgedrückt. —

Apparate zur Ermittlung des absoluten und rela-

tiven Feuchtigkeitsgehalts der Luft sind die Hygrometer, Hygroskope und Psychrometer.

Taupunkt? Die Temperatur, bei welcher aus nicht gesättigter Luft der Wasserdampf sich zur Condensation auszuscheiden beginnt.

Hygrometer? Mittels des Daniellschen Hygrometers wird der Taupunkt bestimmt, indem Äther zur Verdunstung gebracht, und durch die Verdunstungskälte (s. d.) die Umgebungsluft condensiert wird. Aus dem Taupunkt lässt sich der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ermitteln, indem er zugleich denjenigen Wärmegrad bildet, bei welchem die Luft mit der in ihr enthaltenen Dampfmenge gesättigt sein würde. Diese kann man nun mit Hilfe der Spannungstabelle berechnen.

Psychrometer? Dieser Feuchtigkeitsmesser gründet sich auf die Erfahrung, dass Wasser in trockener Luft rascher verdunstet als in feuchter. Es besteht aus zwei Thermometern; der eine gibt die Temperatur der Luft an, die Kugel des anderen ist mit einem stets feucht zu erhaltenden Lämpchen umhüllt, dessen Wasser verdunstet und die dazu erforderliche latente Wärme dem Thermometer entzieht. Aus dem Unterschied der Angaben des trockenen und des „nasskalten“ (*ψυχρός*) Thermometers lässt sich auf den Feuchtigkeitsgrad der Luft schliessen.

Hygroskope? Apparate, welche ebenfalls (allerdings minder zuverlässig) zur Feuchtigkeitbestimmung dienen und auf der Eigenschaft mancher faserig gebauten Körper (wie Holz, Stroh, Darmsaiten, Haare, Fischbein), den Wasserdampf der Luft zu absorbieren und sich dabei zu verlängern; in trockner Luft geben sie die Feuchtigkeit wieder ab und verkürzen sich dadurch. Aus solchen „Hygroskopischen“ Körpern sind z. B. die Haar- u. Strohalm-Hygroskope construiert.

Magnetismus.

Magnetismus? Die Eigenschaft, Eisenteilchen anzu-
ziehen und festzuhalten. Nur dem Magneteisenstein (Fe_3O_4)
kommt sie von Natur aus zu: er ist der einzige natür-
liche Magnet. Alle anderen durch verschiedene Methoden
(s. unten) magnetisierten Stahl- und Eisenstücke sind künst-
liche Magnete.

***Erzeugung künstlicher Magnete?** Man bedient sich

1. der Electricität — erhält die an Tragkraft un-
übertroffenen Electromagnete;
2. der Influenz des Magnetismus (beim harten
Stahl genügt jedoch die einfache Berührung nicht,
man muss ihn längere Zeit mit dem Magnet be-
streichen [versch. Strichmethoden]);
3. des Magnetismus der Lage — man hängt
Stahlstäbe in der Richtung des magnetischen Meri-
dians auf.

Verteilung des Magnetismus? Bestreut man einen
Magnetstab mit Eisenfeilspänen, so zeigt sich die magnetische
Kraft auf demselben nicht gleichmässig verteilt; am grössten
ist sie gegen die Enden hin, die man deshalb Pole
nennt, in der Mitte jedoch fast gar nicht vorhanden —
neutrale oder indifferente Zone.

Zwei Arten von Magnetismus? Aus der Beobach-
tung, dass ein frei aufgehängter Magnetstab stets einen Pol
nach Norden, den anderen nach Süden richtet (Nord- und
Südpol), und dass bei Annäherung zweier solcher Magnete
Nord- und Nordpol, ebenso Süd- und Südpol, also die

*die Pole liegen nicht ganz am Ende.
Prüft. mit einer kleinen Magnetnadel.*

beiden gleichnamigen Pole sich abstossen, die beiden ungleichnamigen dagegen sich anziehen, schliesst man auf die Existenz einer nord- und einer süd-magnetischen Kraft.

Magnetische Influenz? Die durch Annäherung an einen Magnet bewirkte Hervorrufung von Magnetismus in einem Stücke Stahl oder weichen Eisens nennt man magnetische Influenz. Es werden stets beide Arten, Nord- und Südmagnetismus erregt, und zwar Nordmagnetismus an dem Ende, welches dem Südpol des influenzierenden Magneten, Südmagnetismus an dem, welches dem Nordpol desselben am nächsten ist. Jeder Annäherung geht eine Influenzierung voraus, denn die Anziehung von Eisenstückchen erfolgt eben dadurch, dass an den genäherten Polen ungleichnamige Magnetismen entstehen.

Molecularmagnete? Da die kleinsten Teilchen eines zerbrochenen Magnetstabs wieder fertige Magnete darstellen mit gleich starken Polen, so nimmt man an, dass auch die Molecüle desselben vollständige, ihre Pole alle nach derselben Richtung kehrende Magnetchen — Molecularmagnete — bilden, deren Wirkung gegen die Mitte des Stabs hin infolge der Anziehung der ungleichnamigen Pole sich für aussen aufhebt (indifferente Zone des Stabs), während sie an den Enden desselben ungeschwächt zur Geltung kommt (Wirkung der Pole).

Zur Erklärung der Influenz folgert man weiter, dass auch im unmagnetischen Eisen Magnetismus vorhanden ist, nur bleiben die Molecularmagnete ihres wirren Durcheinanderliegens halber nach aussen wirkungslos. Kommt nun ein Magnetpol, z. B. ein Nordpol, in die Nähe, so werden sämtliche Molecularmagnete derart gedreht, dass sie ihm ihre Südpole zuwenden und ordnen sich dadurch gleichsinnig an.

Coercitivkraft? Der Widerstand, den die Molecularmagnete ihrer Drehung durch den influenzierenden Pol entgegensetzen. Sie ist sehr beträchtlich beim harten Stahl, der infolgedessen den influenzierten Magnetismus beinahe

dauernd beibehält, geringer beim weichen Stahl, welcher demgemäss auch bald wieder unmagnetisch wird.

Gebräuchliche Formen der Magnete?

1. Der Magnetstab.
2. Die Magnetnadel, ein flaches, meist länglich-rautenförmiges Magnetstäbchen, in der Mitte leicht drehbar auf einer freien Stahlspitze aufgesetzt.
3. Der Hufeisenmagnet mit nebeneinanderliegenden Polen. Seine schon deshalb grössere Tragkraft wird durch Anlegen eines Stücks weichen Eisens (Armatur, Anker), welches also beide Pole in demselben Sinne influenzieren, noch bedeutend erhöht.

Erdmagnetismus? Die Erscheinung, dass die Magnetnadeln stets eine bestimmte Richtung gegen die Pole der Erde einnehmen, erklärt sich daraus, dass die Erde selbst wie ein grosser Magnet wirkt. Sie besitzt an ihrem Nordpol Südmagnetismus, welcher den ungleichnamigen, also den nordmagnetischen Pol der influenzierten Magnetnadel anzieht. Die Magnetpole der Erde fallen nicht mit den geographischen Polen zusammen, sondern weichen etwas von diesen ab (um Beträge, die steten Schwankungen unterworfen sind). Hat sich die Magnetnadel in die Richtung der Erdmagnetpole eingestellt, so nennt man die durch ihre Axe gelegt gedachte Verticalebene den magnetischen Meridian.

Magnetische Declination? Der Winkel, um welchen der magnetische Meridian von der geographischen Süd-nordlinie abweicht. In Europa (Paris 15° , München 10°), Afrika, auf dem Atlantischen Ozean ist sie westlich, auf der übrigen Erdhälfte östlich. Die Orte gleicher Abweichung sind auf der Declinationskarte verzeichnet, indem sie durch Linien-Isogonen (Halley. 1700) verbunden sind. Durch das östliche Amerika, wie durch das östliche Europa und Australien läuft je eine Linie, für welche keine Declination vorhanden ist — die beiden Agonen. Sämtliche Linien treffen in zwei Punkten zusammen (von denen der

eine auf Boothia felix, der andere im südlichen Eismeer liegt), welche die magnetischen Erdpole bestimmen.

Compass, Bussole? Eine an ihrem Nordpol gewöhnlich blau angelassene Magnetnadel schwebt in einer mit Glasdeckel versehenen Kapsel (boussole) und spielt über einer Windrose. Eine Hängevorrichtung sorgt dafür, dass die Bussole trotz der Schwankungen des Schiffs stets in horizontaler Lage bleibt.

Magnetische Inclination? Der Winkel, um welchen eine um eine horizontale Axe drehbare und auf den magnetischen Meridian eingestellte Nadel von ihrer horizontalen Lage abgelenkt wird. Auf der nördlichen Erdhemisphäre (Paris 65°) neigt sie sich mit ihrem Nordpol, auf der südlichen mit ihrem Südpol nach abwärts. Inclinationskarte mit den Isoclinen. In den Orten einer Isocline, die nahezu mit dem geogr. Äquator zusammenfällt, bleibt die Nadel in wagerechter Stellung; diese Linie (Nullisocline) bezeichnet den magn. Äquator. In den Magnetpolen der Erde müsste sich die Nadel senkrecht stellen.

Messung der Intensität des Erdmagnetismus? Die Grösse desselben lässt sich für alle Orte der Erde aus der Anzahl der Schwingungen berechnen, welche eine aus der Gleichgewichtslage gebrachte Inclinations- oder Declinationsnadel an dem Orte ausführt. Die Linien gleicher Intensität heissen Isodynamen. In der Nähe der Pole, jedoch nicht an den Polen selbst, ist die Intensität des Erdmagnetismus am grössten.

Astatische Magnetnadeln? Astatisch, d. h. ohne bestimmte Einstellung ist eine Nadel, welche durch Annäherung eines Magnets mit gleichliegenden Polen dem Einfluss des Erdmagnetismus entzogen ist. Frei jedem Antrieb gegenüber ist auch das freischwebende astatische Nadelpaar: Zwei ganz gleiche mit verkehrten Polen über einander befestigte Nadeln.

Coulomb.

Electricität.

Reibungselectricität.

Electricität? Die Ursache des (zuerst am Bernstein, Electron, beobachteten) Zustandes eines Körpers, in welchem dieser die Kraft besitzt, andere Körper anzuziehen. — In diesen Zustand kann man ihn am einfachsten durch Reiben versetzen — Reibungselectricität.

Electrische Leiter? Electricität ist im Gegensatz zum Magnetismus in jedem Körper hervorzurufen und wirkt auf jeden anziehend; die einen Körper nehmen jedoch die E. langsam an, behalten sie lange und vermögen sie fortzupflanzen — **Leiter** (Volta's Unterscheidung: **Leiter I. Classe:** Metalle, Kohle, der menschl. Körper etc.; **Leiter II. Classe:** Flüssigkeiten, welche durch den electr. Strom zersetzt werden); die andern nehmen sie leicht an und verlieren sie schnell wieder, ohne sie andern Körpern ausgiebig übertragen zu können — **Nichtleiter, Isolatoren.**

Isolierter Leiter? Ein solcher, der, um seinen electr. Zustand behalten zu können, mit Nichtleitern umgeben ist (trockene Luft, Trennung von der Erde durch eine Unterlage von Glas, Harz, Kautschuk, Schwefel u. dergl.)

Zwei Arten von Electricität? Nähert man einen geriebenen Glas- und einen Siegellackstab einem frei aufgehängten Markkugeln (electr. Pendel), so wird es durch ersteren angezogen, von dem Siegellackstab sodann je-

doch abgestossen. Es gibt also zwei verschiedene Arten von Electricität: die Glaselectricität, willkürlich positive genannt und die Harz- od. negative Electricität. Durch Annäherung von Stangen gleicher und verschiedener Electricität selbst findet man, dass sich gleichnamige Electricitäten abstossen, ungleichnamige anziehen.

Berührt man zwei entgegengesetzt electr. Körper, so heben sich gleiche Mengen der Electricitäten gegenseitig auf und die Körper werden ganz oder teilweise unelectrisch: die ungleichnamigen EE. neutralisieren sich in gleichen Mengen, es findet eine electr. Entladung statt.

Coulombs Gesetz? Die Kraft, mit welcher zwei electrische Teilchen auf einander wirken, steht im direkten Verhältnis zu ihren Electricitätsmengen, im umgekehrten zum Quadrate ihrer Entfernung.

$m \cdot m'$
r²

Übertragung? Die Electricität eines Körpers kann einem andern mit ihm in Berührung gebrachten Körper mitgeteilt, übertragen werden; auffallend ist nur, dass der letztere vor seiner Abstossung (die sich aus den gleichnamigen EE. erklärt) vorher angezogen wird. Dies ist aus der Erscheinung der Influenz verständlich.

Influenz? Die Fernwirkung electr. Körper. Stellt man einen unelectrischen isolierten Leiter in die Nähe eines electrischen, so werden in ihm gleichzeitig die zwei Electricitätsarten in gleichen Mengen hervorgerufen und zwar ungleichnamige am genäherten Ende, gleichnamige am entfernteren. Die Influenzelectricität I. Art wird von der influenzierenden als ungleichnamig angezogen und, indem sie selbst dann nicht entweicht, wenn man den influenzierten Leiter ableitend berührt, sozusagen gebunden.

In diesen Influenzerscheinungen findet das Anziehungsvermögen der in el. Zustand bef. Körper seine Erklärung: Der electrische Körper hat in dem leichten Pendel schon vor der Anziehung beide Arten von E. erregt und vermag dann mit seiner übermächtigen Spannkraft das mit Influenz-

electricität I. Art geladene Ende des Markkügelchens anziehen; bei der Berührung neutralisieren sich die ungleichnamigen Electricitäten in gleichen Mengen, auf dem Körperchen verbreitet sich die gleichnamige Influenz-Electricität II. Art und bewirkt dessen dauernde Abstossung.

Auch jeder Übertragung durch direkte Berührung geht Influenzierung voraus; es ist also unmöglich, eine Electricität zu erwecken, ohne gleichzeitig ebensoviel von der anderen hervorzurufen.

Electrische Spannung od. Potential? Die Kraft, mit der sich die Teilchen gleicher E. an der Oberfläche eines Leiters gegenseitig abstossen und senkrecht von dem Körper weg dem Luftdruck entgegentreiben suchen. Aus Spitzen, wo die Dichte der Ladung der starken Krümmung der Oberfläche halber (Verteilungssatz: Je stärker die Oberflächenkrümmung, desto grösser die Dichte der angesammelten Electricität) sehr bedeutend ist, vermag die gesteigerte Spannkraft die E. als kräftigen „electrischen Wind“ ausströmen zu lassen (Die Luftteilchen der Umgebung werden influenziert; Neutralisation; Abstossung).

Electrische Capacität? Diejenige Electricitätsmenge, deren ein Leiter bedarf, um sich bis zu einem best. Potential zu laden. Die electr. Capacität ist nur abhängig von Grösse und Gestalt des Leiters, jedoch — entgegen der Wärmecapacität — nicht von dessen Stoff. (Zwei Kugeln z. B. von verschiedenen Radien können also bei verschiedenem Fassungsvermögen gleiche Spannung besitzen).

Electrische Lichterscheinungen? Sehr stark gespannte ungleichnamige Electricitäten vereinigen sich bei der Annäherung (z. B. eines Leiters an den Conductor einer thätigen Electrisiermaschine) unter knallendem Geräusch durch einen glänzenden Funken, indem sie den isolierenden Nichtleiter, die Luft (auch ein Blatt Papier etc.) durchbrechen. Der Blitz ist nichts anderes als ein grosser elektr. Entladungsfunke, erzeugt durch die Neutralisation der hochgespannten entgegengesetzten Electricitäten der Gewitter-

wolken. Wie der Funke der Electrisiermaschine von einem Knall, so ist der Blitz vom Donner begleitet.

Die Dauer der Entladungsfunken ist ungemein kurz; sie wird z. B. für den Blitz auf weniger als $\frac{1}{1000}$ Sek. berechnet. Ein rasch rotierendes Rad wird von diesem oder dem Funken irgend eines Electricitätserzeugers nur in einer einzigen Stellung beleuchtet, so das es stillzustehen scheint.

Auch das Ausströmen aus Spitzen ist mit Lichterscheinung verbunden: die pos. E. bildet ein rötlich-violettes Büschel — Büschellicht, die negative einen kleinen hellen Lichtpunkt — Glimmlicht. Die St. Elmsfeuer auf Turmspitzen, Mastbäumen sind hiermit identisch, entstanden nach der Influenzierung der Erdgegenstände durch die Electricität der Wolken.

$\frac{1}{50} - \frac{1}{24000}$ " Schnelligkeit des Electr. Funkens

Apparate zur Bestimmung, Erzeugung und Ansammlung von Electricität.

Electroscop? In eine luftleere Glasflasche ist ein Metallstäbchen eingekittet, welches oben eine Metallkugel, unten zwei Streifen Blattgold trägt. Dient

1. zum Messen der Electricitätsstärke (Spannung) eines Körpers (je stärker die Ladung, desto mehr divergieren die sich abstossenden Blättchen);

2. zur Bestimmung der Electricitätsart eines Körpers, (hat der auf seine E.-Art zu prüfende Leiter dieselbe E. wie die Blättchen, so divergieren diese noch mehr, andernfalls erfolgt Neutralisierung: Zusammenklappen).

Electrophor? Eine Harzscheibe (der Kuchen) in eine Metallform gelegt oder gegossen. Durch Peitschen wird der Kuchen negativ electrisiert und influenziert die Form. Die gleichnamige Influenz-E. II. Art wird abgeleitet, die ungleichnamige Influenz-E. I. Art bleibt mit der influenzierenden E. gebunden.

Elektrometer, electr. Penzel

Will man z. B. eine Platte electrisch machen, so setzt man sie auf den Kuchen, muss jedoch vor ihrem Aufheben die entstandene Infl.-E. II. Art ableiten (etwa mit dem Finger durch den Körper zur Erde), sonst neutralisieren sich die in gleichen Mengen hervorgerufenen Infl.-EE. gleich nach dem Aufheben der Platte. Die ungleichnamige Infl.-E. I. Art breitet sich nun auf dieser aus.

Da die Electricität des Kuchens ihrer Bindung halber nur influenzieren, aber keine E. übertragen kann, so ist durch Aufsitzen der Platte beliebig oft positive Electricität zu gewinnen: ein Electrophor bildet eine unerschöpfliche Electricitätsquelle.

Electrisiermaschine? E.-Erzeugungsapparat mit Benutzung der Spitzenwirkung (Otto v. Guericke).

Eine Glasscheibe wird durch Drehung zwischen zwei mit Amalgam bestrichenen Lederkissen gerieben und passiert eine doppelte Reihe von Metallspitzen, welche mit einer isolierten Messingkugel (Conductor) leitend verbunden sind.

Da immer beide E.-Arten gleichzeitig erzeugt werden, so wird durch die Reibung die Glasplatte positiv, das Reibzeug negativ electrisch. Letztere Electricität wird zur Erde abgeleitet. Die Glasplatte influenziert die Messingteile und zwar werden die Spitzen mit negativer, der Conductor mit positiver E. geladen. Zwischen ersteren und der Glasplatte findet infolge des Ausströmens neg. Electricität aus denselben eine fortgesetzte Neutralisation statt. Da nun auf den Conductor immer ebensoviel positive E. getrieben wird, als auf den Spitzen durch die Entladung verloren geht, so wird durch weiteres Drehen der Glasscheibe die E. auf dem Conductor in immer höhere Spannung versetzt. Es hat hierbei den Anschein, als ob die Spitzen pos. E. von der Platte auf den Conductor hinübersaugten — Saugwirkung der Spitzen.

Condensator? Dient dazu, grössere Mengen von E. anzusammeln, als dies auf dem Conductor der Electrisiermaschine möglich ist.

Reibmaschinen: 1 Scheibe
Influenzmaschinen: 2 Scheiben

Eine isolierte Metallplatte wird mit einem solchen leitend verbunden; eine zweite ebensolche Platte wird ihr gegenübergestellt. Die erste (Collectorplatte) besitzt positive E. wie der Conductor und influenziert die zweite (Condensatorplatte) vorne negativ, hinten positiv. Dadurch, dass sich die E. der Collectorplatte, von der gegenüberstehenden neg. E. angezogen, mit grösserer Dichte auf der Vorderseite anhäuft, wird die Dichte der Hinterseite geringer, entspricht nicht mehr der Spannung auf dem Collector und kann daher neue E. vom Conductor aufnehmen.

Die Capacität des Collectors wird noch gesteigert, wenn man den Condensator mit der Erde verbindet. Da dann auf diesem die Gegenwirkung der positiven Influenz-Electricität aufgehoben ist, kann sich die negative auf der Vorderseite verdichten und ruft daher auch auf dem Collector ein noch stärkeres Hindrängen der E. auf die Vorderseite hervor, wodurch die Aufnahmefähigkeit der Hinterseite des Collectors und damit des Conductors selbst noch bedeutend erhöht wird.

Leydener Flasche? Ebenfalls ein Ansammlungsapparat, im Princip analog dem Condensator.

Eine innen und aussen bis auf etwa $\frac{2}{3}$ der Höhe mit Stanniol belegte Flasche. Durch den sie verschliessenden Holzdeckel ist ein bis auf den inneren Stanniolboden hinabreichender Metallstab, welcher am äusseren Ende einen Metallknopf trägt, eingesenkt.

Die Ladung erfolgt durch Verbindung des Metallknopfs mit dem Conductor einer thätigen Electrisiermaschine (od. dem Deckel eines Electrophors od. indem man einige Öffnungsfunken eines kräftigen Inductors auf den Knopf der Flasche überspringen lässt) und Ableitung der gleichnamigen Influenz-E. II. Art des äusseren Belegs zur Erde. Der innere Beleg wirkt wie eine Collector-, der äussere wie eine Condensatorplatte.

Entladen wird die Leydener Flasche, wenn man Knopf und äusseren Beleg leitend verbindet. Lässt man die

1. Ladg der Flasche, wenn sie in einer Glasplatte steht:

mit der Holts'schen R.M.

oder 2. wenn die Flasche isoliert ist u. der Knopf mit dem pos. Conductor in Berührung gebracht werden keine Ladg.

Franklin'sche Platte

Spann. bei allen Flaschen gleich, Menge versch. d. Wasser d. Bodenraum

^{4*}

*Bei Bunsen Butt kann die Verhölz ebenso gemacht
werden oder es ist immer Zink mit Kohle verbunden.*

Electricitäten im eigenen Körper sich neutralisieren, so empfindet man einen (bei starker Ladung) sehr heftigen electr. Schlag.

Setzt man einerseits die inneren, anderseits die äusseren Belege einer Reihe von Flaschen in Verbindung, so hat man eine electrische Batterie mit entsprechend grösserem Fassungsvermögen als das eines einzelnen Apparats.

Influenzmaschine? Nicht auf Reibungs-, sondern wie das Electrophor auf Influenzelectricität beruht die Influenz- oder Electrophormaschine (1864). Ihre Wirkungsweise ist noch nicht ganz aufgeklärt. Die weit grössere Ergiebigkeit und die an Heftigkeit (meterlange Funken, Durchbrechen von Glas etc.) alle übrigen Electricitätserreger übertreffenden Wirkungen dieser Maschine gründen sich auf deren grossen Vorzug, viel mehr der aufgewandten Arbeit in Electricität zu verwandeln, als dies bei der Reibungselektisiermaschine — wo schon der bedeutendste Teil der Drehungsarbeit durch Umsetzung in (Reibungs-) Wärme verloren geht — der Fall sein kann.

Galvanische Electricität.

Galvanische Electricität? Galvanische, Berührungs- oder Contactelectricität entsteht stets bei der Berührung verschiedenartiger Leiter, also

- I. wenn man zwei verschiedene Metalle oder
- II. ein Metall mit einer Flüssigkeit in Berührung bringt, auf die es zersetzend einwirkt (dies ist überhaupt die Bedingung der Leitungsfähigkeit einer Flüssigkeit).

Der Entdecker dieser Art der Electricitätsentstehung war Volta, indem es ihm gelang, die Beobachtung des Anatomen Galvani — dass ein frisch präparierter Froschschenkel, welcher mit einem kupfernen Haken an einem

*Galv. große Mengen — geringe Spannung.
R.E. versch. Mengen — große Spannung.*

eisernen Gitter hing, Zuckungen ausführte — in der Weise richtig zu deuten (1794–1800).

Spannungsreihe der Metalle? Volta ordnete auf Versuche mittels eines Electroscoops gestützt, die Metalle in einer Reihe:

„Zink — Blei — Zinn — Eisen — Kupfer — Silber — Gold Platin — (Kohle)“

derart, dass jedes vorhergehende Metall mit einem der folgenden berührt positive, jedes folgende mit einem der vorhergehenden in Contact negative Electricität annimmt.

Spannungsgesetze ?

I. Für Metall-Metall-Contact: Die Spannungsdifferenz zwischen zwei Metallen ist gleich der Summe der Spannungsdifferenzen zwischen den Gliedern, welche in der Spannungsreihe zwischen jenen Metallen stehen (Volta). — Der Spannungsunterschied ist nur von der Beschaffenheit der Stoffe abhängig und ungeachtet etwaiger grosser Unterschiede in Form und Grösse der berührenden Flächen (Bedingungen, denen die Capacität unterworfen ist) stets constant.

II. Für Metalle in Berührung mit Flüssigkeiten: Die Spannungsdifferenz ist um so grösser, je energischer das Metall auf die Flüssigkeit zur Bildung einer chem. Verbindung einwirkt.

Electromotorische Kraft? Diejenige Kraft, welche verhindert, dass die bei der Berührung von $\left\{ \begin{array}{l} \text{Metall-Metall} \\ \text{Metall-Flüssigkeit} \end{array} \right.$ hervorgerufenen ungleichnamigen Electricitäten **trotz der Berührung** sich nicht neutralisieren, und so die Spannungsdifferenz unverändert aufrecht erhält.

Electrischer Strom? Stellt man eine Zinkplatte, eine mit H_2SO_4 getränkte Filzscheibe und eine Kupferplatte zusammen (Voltasches Element), so werden zwei von einander unabhängige electromotorische Kräfte thätig: eine stärkere an der Berührungsfläche von Zn und SO_4H_2 treibt neg. Electricität auf Zn, pos. E. auf das mit der Säure

leitend verbundene Cu; die schwächere electrom. Kraft zwischen Cu und SO_4H_2 treibt in viel geringerer Menge neg. E. auf Cu und pos. E. auf Zn. Infolgedessen wird die neg. Zn-E. etwas geschwächt, das Cu dagegen verliert seine neg. E. ganz an die übergrosse durch die Flüssigkeit herüberströmende pos. E. und besitzt nun solche in derselben Menge wie das Zn negative.

Verbindet man das Zn-Ende mit dem Cu-Ende (Schliessen des Elements), so neutralisieren sich in dem dadurch erhaltenen Schliessungsbogen fortwährend die an den Metallplatten angesammelten ungleichnamigen Electricitäten, indem pos. E. von der Cu-Platte zur Zn-Platte und in gleicher Weise neg. E. von der Zn-Platte nach der Cu-Platte hinströmt. Wir erinnern uns aber, dass z. B. die pos. E. des Cu ihren Ursprung an der Berührungsfläche Zn — SO_4H_2 besitzt, also in derselben Richtung schon durch das Element selbst geströmt ist; dasselbe ist umgekehrt bei der neg. E. des Zn der Fall. Wir haben daher zwei ununterbrochene Schliessungskreise, in denen in gleicher Zeit gleiche Mengen ungleichnamiger Electricität in entgegengesetzten Richtungen strömen.

Unter „Stromrichtung“ versteht man immer die der pos. E.: Zn, SO_4H_2 , Cu, Zn . . .

Stromerzeuger.

Galvanisches Element? Eine Verbindung von Metallen mit electricitätserregenden Flüssigkeiten.

* **Inconstante Elemente?** Elemente, deren Stromstärke rasch abnimmt, weil sie durch den entgegenwirkenden Polarisationsstrom (s. d.) geschwächt wird.

* **Constante Elemente?** Elemente, deren Stromstärke ziemlich lange auf der ursprünglichen Höhe bleibt. — Das Eintreten der Polarisation wird dadurch unmöglich ge-

macht, dass man diejenige Platte, an welcher sich der Wasserstoff entwickelt, auf irgend welche Weise genügend mit Sauerstoff umgibt, der sich mit H sofort zu H_2O vereinigt und so der weiteren Ausscheidung desselben vorbeugt.

Inconstante Elemente:

Voltasche Säule? Eine Zusammenstellung vieler Voltascher Elemente zur Erhöhung der geringen electromotorischen Kraft des einzelnen.

Die Enden der Säule nennt man Pole, und zwar stellt das Cu-Ende den positiven, das Zn-Ende den negativen Pol dar. Zur bequemen Schliessung des Stromes in der Säule wird beiden Endplatten je ein Kupferdraht — Electrode angelötet. Sind die Electroden nicht in Berührung gebracht, so heisst die Säule offen.

Zamboni's Trockensäule? Scheibchen aus Gold- und Silberpapier sind in grosser Anzahl mit den Papierflächen zusammengeklebt und in einen Glaszylinder gepresst, dessen Verschluss Metallfassungen bilden. Die (unechte) Vergoldung vertritt das Cu, die Versilberung das Zn, das lufttrockene Papier die Säure.

Voltasche Bechersäule? Cu und Zn werden in ein Gefäss mit verdünnter $SO_4 H_2$ gestellt und die verschiedenen Metalle benachbarter Elemente durch Drähte verbunden.

Flaschenelement? Zwei Kohlenplatten tauchen in eine Flasche mit Chromsäure ($CrO_4 H_2$), an deren Halse sie befestigt sind. Zwischen dieselben kann eine Zinkplatte in die Flüssigkeit hinabgestossen werden.

Constante Elemente:

Daniell-Element? Zink in verd. $SO_4 H_2$, Kupfer in gesättigter $SO_4 Cu$ -Lösung. Eine poröse Thonwand (Diaphragma) bewirkt die Trennung der Flüssigkeiten, wird aber durchtränkt und dadurch leitend.

Meidinger-Element? Zink in SO_4Mg_2 - (Bittersalz-) Lösung, Blei oder Kupfer in SO_4Cu -Lösung. Hier ist die Thonzelle vermieden; die Konstruktion (tieferes Hinabreichen des Cu- als des Zn-Blechs in das Gefäss) ist derart, dass das grössere spec. Gewicht des Kupfervitriols genügt, einer Vermischung der Salzlösungen vorzubeugen.

Bunsen-Element? Zink in SO_4H_2 ; Kohle von conc. NO_3H umgeben; letztere Säure innerhalb einer Thonzelle.

Stromwirkungen.

Electrolyse? Die chem. Zersetzung einer Flüssigkeit durch den hindurchgeleiteten galvanischen Strom.

Diejenige der beiden Platten (Drahtpole, Electroden), durch welche die positive Electricität in die Flüssigkeit geleitet wird, heisst *Anode*, die andere negative Platte *Kathode*. Von den Zersetzungsprodukten (*Jonen*) heisst der zur Anode gehende Stoff das *Anion*, der zur Kathode gehende das *Kation*.

Die chem. Zersetzung, die eine Flüssigkeit durch den Strom erfährt, ist die Bedingung für den Übergang des Stroms zwischen den eingetauchten Electroden. Dieser Bedingung entsprechende, also *leitende* Flüssigkeiten, nennt man *Electrolyte*.

Electrolyse des Wassers? Destilliertes Wasser ist kein Electrolyt, es unterbricht den Strom und muss, wenn man es in seine Bestandteile O und H_2 spalten will, mit etwas SO_4H_2 angesäuert werden. Als Electroden (Polplatten) benutzt man zwei Platinplatten. Der O entwickelt sich an der Anode, der H_2 an der Kathode. Durch pneumatische Wannen können die beiden Gase getrennt aufgefangen werden.

Electrolyse von Salzlösungen? Das Metall scheidet sich an der Kathode, die Säure an der Anode aus.

Secundäre Action? Bei der Electrolyse des Wassers ist der O nicht direkt durch Zersetzung frei geworden; frei abgeschieden wurde nur der Wasserstoff und das Säureradical SO_4 . Letzteres kann jedoch nicht für sich bestehen, nimmt H_2O auf, ergänzt sich zu SO_4H_2 und scheidet den überschüssigen O ab.



O ist in secundärer Action entstanden.

Galvanoplastik? Soll ein Gegenstand in Cu abgeformt werden, so kann dies bei der Electrolyse des Kupfervitriols (Cu SO_4) in der Weise geschehen, dass man ihn zunächst mittels einer Graphitschicht leitend macht und als negative Polplatte in die Lösung taucht. Das ausgeschiedene Cu überzieht den Gegenstand getreu und kann leicht abgelöst werden.

Voltameter? Apparat zum Messen der Stromstärke durch Ermittlung der Menge der Zersetzungsproducte eines Electrolyts, welche der Stromstärke proportional ist (Gesetz von Faraday).

In eine Flasche mit angesäuertem Wasser sind durch den luftdicht schliessenden Kork als Electroden zwei Platinplatten hinabgetaucht. Die sich hier entwickelnden beiden Gase vermischen sich zu Knallgas; dieses lässt man durch eine Glasröhre austreten und fängt es über Wasser in einer zweiten graduierten Glasröhre auf, wo sein Volumen gemessen werden kann (vgl. das Galvanometer).

Polarisation? Bei der Electrolyse wird der zersetzende Strom ausser durch den grossen Widerstand der Flüssigkeit auch noch durch eine entgegenwirkende electromotorische Kraft geschwächt, die stets bei der Electrolyse auftritt. Dieser entgegengesetzte Strom entsteht ebenfalls durch einen chem. Process, indem der der positiven Polplatte anhaftende Sauerstoff, infolge seiner Neigung wieder Wasser zu bilden, den H_2 , welcher sich an der neg. Platte ausscheidet, zu sich her-

überzieht; ebenso wandert O an die Kathode hinüber. Der herüberströmende H_2 lädt die positive Platte mit neg. Electricität, die negative Platte wird auf gleiche Art positiv geladen — die Electroden werden polarisiert.

Accumulator? Stromerzeuger, auf Polarisation beruhend.

Zwei übereinandergerollte durch Gummistreifen getrennte Bleiplatten werden in SO_4H_2 getaucht und mit den Polen eines Elements verbunden. Die positive Platte, an der sich der O abscheidet, überzieht sich mit Bleisuperoxyd, die negative, an der sich der Wasserstoff entwickelt, bleibt rein.

In diesen auf solche Weise polarisierten Electroden ist die electromotorische Kraft des primären Elements gleichsam aufgespeichert (daher der Name Accumulator), um beliebig später einen Polarisationsstrom zu liefern und so als Secundärelement Verwendung zu finden.

Ablenkung der Magnetnadel? Bringt man einen vom Strom durchflossenen Leiter in die Nähe einer Magnetnadel, so wird diese vom magnetischen Meridian abgelenkt, um nach Öffnung oder Entfernung des Stromes wieder in die ursprüngliche Gleichgewichtslage zurückzukehren. Die Richtung der Ablenkung ist aus der Ampère'schen Regel zu finden: Denkt man sich im Strom schwimmend, den Kopf voraus, das Gesicht der Nadel zugewendet, so weicht der Nordpol der Nadel stets nach der linken Körperseite ab. Eine astatische Nadel stellt sich stets senkrecht zur Ebene des Stromes.

Galvanometer? Da der Ablenkungswinkel stets der Stromstärke proportional ist, so kann man diese aus dem Mafß der Ablenkung bestimmen. Die hierzu dienenden Apparate heissen Galvanometer; deren gebräuchlichste sind der Multiplicator und die Tangentenbussole. (Vgl. das Voltameter).

Multiplicator? Ein Leitungsdraht ist in zahl-

reichen, von einander isolierten Windungen um eine Nadel herumgeführt, die an einem Seidenfaden aufgehängt ist. Da jede Windung für sich die Nadel in gleichem Sinne ablenkt, vervielfacht sich die Grösse der Ablenkung mit jeder Windung. Um auch die geringste Stromintensität wahrnehmen zu können, macht man die Nadel *astatisch*.

Tangentenbussole? Im Mittelpunkt eines verticalen vom Strom durchflossenen Ringes von ziemlich grossem Durchmesser schwebt horizontal eine kleine Magnetnadel über einer Kreisteilung. Während der Beobachtung ist der Ring so gedreht, dass seine Ebene im magnetischen Meridian liegt. Die Stromstärke ist dann der Tangente des Ablenkungswinkels proportional.

Nadeltelegraph? Bei diesem (noch gegenwärtig in England vielgebrauchten) Telegraphen besteht der „Zeichenempfänger“ aus einem Multiplicator. Je nach der Richtung des von der entfernten Station kommenden Stromes wird die Nadel nach rechts oder nach links abgelenkt; nach diesen Ausschlägen ist ein Alphabet vereinbart.

Der Nadeltelegraph (Gauss u. Weber 1838) lässt den Vorteil der schriftlichen Aufzeichnung sehr vermissen, ist jedoch ausserordentlich empfindlich und findet deshalb selbst für lange unterseeische Kabelleitungen Verwendung.

Ohmsches Gesetz.

Leitungswiderstand? Der Widerstand, den ein Stoff dem Durchgang der Electricität entgensetzt.

Der Widerstand eines Leiters ist proportional seiner Länge

umgek. prop. $\left\{ \begin{array}{l} \text{seinem Querschnitt,} \\ \text{seiner specifischen Leitungs-} \\ \text{fähigkeit.} \end{array} \right.$

Spec. Leitungsfähigkeit? Der reciproke Wert der

Widerstände zweier Leiter von gleicher Länge und Querschnitt. Setzt man das Leitungsvermögen des Quecksilbers $= 1$, so ergeben sich für folgende Leiter I. Classe die Werte:

Quecksilber :	1	Kupfer :	55
Eisen }	: 8	Silber :	64.
Platin }			

Silber ist das leitungsfähigste Metall. (Die electrische Leitungsfähigkeit der Metalle ist der Wärmeleitungsfähigkeit proportional. Sie nimmt zu mit Temperaturerniedrigung). Die Flüssigkeiten (Leiter II. Kl.) leiten bedeutend schlechter. Verd. SO_4H_2 z. B.: 0,000 069.

Widerstände des Stromkreises? Der Widerstand eines Stromkreises ist zusammengesetzt aus

I. dem Widerstand der Flüssigkeit innerhalb des Elements — der innere wesentliche Widerstand.

II. dem Widerstand des Schliessungsbogens — der äussere wesentliche Widerstand.

Ohmsches Gesetz? Die Stromstärke ist direkt proportional der electromotorischen Kraft und umgekehrt dem Widerstande des Stromkreises.

Man sieht am Galvanometer, dass die Ableitung der Nadel dieselbe bleibt, wenn man die electromotorische Kraft (z. B. durch Verdoppelung der Elemente) und in gleichem Verhältniss die Grösse des Leitungswiderstandes erhöht. Die Stromstärke verringert sich jedoch, wenn man z. B. nur die Elemente und dadurch nur den inneren Widerstand verdoppelt. Erst nach entsprechender Verdünnung oder Verlängerung des Schliessungsbogens wird das ursprüngliche Verhältniss des Gesamtwiderstands zur electromotorischen Kraft und damit die ursprüngliche Stromstärke wieder hergestellt sein.

Bedeutung des Ohmschen Gesetzes für die Zusammenstellung von Batterien für best. Zwecke?

I. Bedarf man nur eines kleinen Schliessungsbogens und möglicher Intensität, so hat die Ver-

$$\text{Ampere} = \frac{\text{Volt}}{\text{Ohm}}$$

$$\text{Ohm} = \frac{1,06 \text{ m Hg}}{1,9 \text{ m}}$$

mehrung der Elemente keinen Zweck, denn die Länge der leitenden Flüssigkeit wird um gleichviel vergrössert und die Erhöhung der electromotorischen Kraft wird um die gleichgrosse des inneren Widerstandes aufgehoben.

Man verwendet besser ein einziges Element mit möglichst grossen Platten, weil hierdurch der Querschnitt der leitenden Säure grösser und damit der innere Widerstand vermindert wird.

II. Besitzt dagegen der Schliessungsdraht eine bedeutende Länge (z. B. beim Telegraph), so ist es gleichgültig, ob der Widerstand im Element grösser oder kleiner ist, man verbindet möglichst viele Elemente, am zweckmässigsten in „paralleler Schaltung“, durch Kuppelung der gleichnamigen Metallplatten und erhält dadurch gleichsam ein grosses Element.

Rheostate? Apparate zur beliebigen Regulierung der Stromstärke, indem man in dieselben ohne Unterbrechung des Stroms beliebig viele bekannte Widerstände einschaltet. (Man bedient sich ihrer ferner zur Messung von Widerständen, indem man dieselben einschaltet und mit solchen bek. Grösse vergleicht).

Siemens' Rheostat? Eine Reihe von Drahtspulen von verschiedenen gemessenen Widerständen sind in einem Holzkasten aufgestellt, auf dessen Deckel über jeder Spule ein starker Messingblock befestigt ist. Sind diese Blöcke durch dazwischengeschobene Messingstöpsel (daher auch die Bezeichnung Stöpselrheostat) verbunden, so geht der Strom, ohne die Spulen zu durchlaufen, durch die fast keinen Widerstand leistenden Blöcke. Entfernt man jedoch einen der Stöpsel oder mehrere, so muss der Strom die zugehörigen Drahtrollen durchlaufen, deren Widerstände bekannt sind.

Rheochord? Dient gleichen Zwecken wie der Rheostat. — Auf einem Brett sind zwei Platindrähte parallel laufend an Messingblöcken ausgespannt, durch welche der Strom eingeleitet wird. Die leitende Verbindung der Drähte wird

allein durch ein mit Quecksilber gefülltes Eisenkästchen vermittelt, das, von ihnen durchbohrt, wie ein Schlitten auf dem Brette verschiebbar ist.

Jede Verschiebung des Kästchens ändert den Widerstand des Stromkreises, welcher auf einer die Drähte begleitenden Millimeter-Scala bequem abgelesen wird.

Wärmewirkung des Stroms.

Wärmewirkung des Stroms? An durchströmten Leitern beobachtet man eine Erwärmung, die desto bedeutender ausfällt, je dünner der Leitungsdraht und je geringer sein Leitungsvermögen ist. Nach Joule's Gesetz ist die entwickelte Wärmemenge dem Widerstande des Leiters und dem Quadrate der Stromstärke proportional. Besonders schlecht leitende Metalle, wie Platin, können durch den Strom zum Glühen (sogar zum Schmelzen) erhitzt werden. Man benützt solche galvanisch glühende Drähte zur Sprengung von Minen (Einschaltung eines dünnen Platindrähtchens in die lange Cu-Leitung und Einführung desselben in die Patronen), ferner auch in der Heilkunde zur Beseitigung von Geschwüren (Galvanokaustik). Auf der Stromwärme beruhen ferner:

Electrische Glühlampe? Ein in die Leitung eingeschalteter Platindraht oder verkohlter Baumwollfaden passiert eine (zur Vermeidung des Abbrennens) luftleere, meist birnförmige Glaskugel. Er wird durch einen hochgespannten Strom zur Weissgluth erhitzt und besitzt eine Lichtstärke von 8—16 Kerzen — electr. Glühlicht (Edison 1879).

Electrische Bogenlampe? Bringt man die in Kohlen spitzen auslaufenden Pole eines starken Elements zuerst miteinander in Berührung und entfernt sie dann etwas, so entsteht zwischen den Spitzen ein blendend weisser Lichtbogen, gebildet aus losgerissenen, in Weissgluth (6000°—

Platindrähte schmelzen darin sofort) befindlichen Kohlentheilchen, welche einen Leiter von hohem Widerstand darstellen. Dieses electrische Licht wurde von Dany (1821) entdeckt; allgemeineren Gebrauch jedoch findet es erst seit der Erfindung der Dynamomaschine (Siemens, Gramme), da die Unterhaltung des das Licht speisenden Stroms durch galv. Batterien zu grosse Kosten verursachte.

Die electr. Bogenlampe besteht ebenfalls aus einer luftverdünnten Glaskugel; die beiden präparierten Gaskohlenstifte, welche sich durch das Losreissen der kleinen Teilchen langsam, aber stetig verkürzen (die positive Electrode doppelt so stark wie die negative), werden durch verschiedenartige Vorrichtungen (z. B. durch den Siemensschen Differentialregulator — Differentiallampe) selbstthätig genährt. Lichtstärke = 200—10000 Kerzen.

Electromagnetismus.

Electromagnetismus? Wird ein Schliessungsdraht um einen weichen Eisenstab oder Stahlstab in vielfachen Windungen herumgeführt — als Magnetisierungsspirale oder Solenoid ($\sigma\omega\lambda\eta\nu$ Röhre), — so wird ersterer temporär, letzterer permanent magnetisch. Solche durch Electricität gewonnene „Electromagnete“ übertreffen die gewöhnlichen Magnete erheblich an Tragkraft.

Erklärung der magnetischen Influenzerscheinungen? Nach Ampère äussern sich zwischen genäherten Stromleitern folgende „electrodynamische Wechselwirkungen“:

I. Zwei parallele und gleichgerichtete Ströme ziehen sich an.

II. Zwei parallele und entgegengesetzt gerichtete Ströme stossen sich ab.

III. Zwei gekreuzte Ströme suchen sich zu drehen, so dass sie parallel und gleichgerichtet sind. —

Nun ist nach Ampères Theorie jedes Molecül sowohl des magnetischen als auch des unmagnetischen Eisens von einem Kreisstrom umflossen; nur besteht ein Unterschied in den Lagen der Stromebenen. Beim Magnet sind sie sämtlich parallel, beim unmagnetischen Eisen dagegen liegen sie regellos durcheinander und bleiben daher nach aussen ohne Wirkung. — Bringt man einen Magnet in die Nähe, so suchen dessen parallelgerichtete Ströme diese wirren, nach allen möglichen Richtungen gelegenen Ströme (nach Gesetz III) derart zu drehen, dass sie parallel und gleichgerichtet sind — das Stück Eisen wird magnetisch influenziert.

Der Südpol eines Magnets ist stets nach der Seite gewendet, von welcher aus gesehen die Kreisströme in der Richtung des Uhrzeigers laufen. Werden die Südpole zweier Magnete genähert, so besitzen diese Stabenden parallel und entgegengesetzte Ströme — sie stossen sich ab (Gesetz II); ebenso erklärt sich die Anziehungerscheinung (Gesetz I).

Erklärung des Electromagnetismus? Auch ein Solenoid ist von vielen parallelen und gleichgerichteten Kreisströmen durchflossen, es wirkt deshalb wie ein Magnet (sein Südpol ist an dem in der Richtung des Uhrzeigers umströmten Ende): influenziert Stahl- und Eisenstäbe — stösst ungleichnamige Magnet- oder Solenoidpole ab und zieht gleichnamige an — erleidet dieselbe Ablenkung durch einen Kreisstrom wie eine Nadel.

Erklärung der Ablenkung der Magnetnadel und des Solenoids? Dass ein Strom eine Nadel ablenkt, erklärt sich ebenfalls aus seinem Bestreben, die mit ihm nicht in paralleler und gleicher Richtung fliessenden Strömchen derselben (oder des Solenoides) sich gleich und parallel zu richten. Er vermag dies jedoch nur dann vollkommen zu erreichen, wenn die Nadel durch Astatic dem Einfluss des Erdmagnetismus

entzogen ist. In diesem Falle wird sie stets senkrecht zur Ebene des Stromes stehen.

Auch der Erdmagnetismus mit seiner ablenkenden Kraft ist gut verständlich, wenn wir uns die Erde selbst in der Richtung von Ost nach West von einem Kreisstrom umflossen denken, senkrecht zu der Richtung der Magnetnadel.

Zeichendrucktelegraph? Bei dem noch auf den meisten Linien in Gebrauch befindlichen Morse'schen (Amerikaner 1837) Zeichendruck- od. Stiftschreiber-Telegraph ist Electromagnetismus verwertet.

Die Einrichtung ist im wesentlichen folgende. Der Zeichengeber (Taster, Schlüssel) dient zum bequemen Öffnen und Schliessen des Stroms: ein Metallhebel, der mit dem einen Ende auf ein Metalllager herabgedrückt jedesmal die in diesem getrennt befindlichen Drähte verbindet und so die Leitung schliesst, andernfalls unterbricht. Im Zeichenempfänger sind dieselben Leitungsdrähte um einen weichen Eisenkern als Solenoid gewunden; so oft der durch Niederdrücken des Tasters geschlossene Strom den Eisenkern magnetisiert, zieht dieser das eine Ende eines Metallhebels (Anker) herab: das andere Hebelende wird dadurch gehoben, drückt einen Stift auf einen mittels Uhrwerk vorbeigeführten Papierstreifen und hinterlässt je nach der Dauer des Electromagnetismus (längeres oder kürzeres Niederdrücken des Tasters) einen Punkt od. Strich — die beiden Elemente, aus welchen das Alphabet vereinbart ist.

Inductionselectricität.

Inductionselectricität? Die auf eine dritte Art, nämlich durch electr. Ströme selbst (Voltainduction) oder durch Magnete (Magnetinduction) erzeugte E.

Sowohl beim Annäheren wie beim Wiederentfernen des Schliessungsdrahts eines galv. Elements oder

eines Magnets an einen geschlossenen Leiter entsteht in diesem ein Strom (Inductionsstrom), welcher im ersten Fall dem ursprünglichen inducierenden entgegengesetzt, im zweiten gleichgerichtet ist.

Voltainductionsversuch? Eine grössere Drahtspule bildet den geschlossenen Leiter — Inductionspule; man schaltet ein Galvanometer ein, um die Richtungen der inducierten Ströme beobachten zu können. Der primäre, inducierende oder Hauptstrom läuft in den Windungen einer kleineren Spule — Hauptspule, welche in die Höhlung der ersteren einzuschieben und mit einem Element verbunden ist. —

Man lässt die Hauptspule entweder beständig vom Strom durchfliessen, entfernt diesen durch schnelles Herausziehen und nähert ihn durch schnelles Hineinstossen oder man lässt sie bequemer in der Inductionsrolle stecken, lässt durch Schliessen den Strom ungemein rasch sich dieser nähern und durch Öffnen ebenso rasch entfernen. —

Deshalb heissen überhaupt die ersteren entgegengesetzten Inductionsströme (da das Nähern, Einstossen der Spule dieselbe Wirkung hat wie das Schliessen des Hauptstroms) Schliessungsströme, die anderen gleichgerichteten Öffnungsströme.

Magnetinductionsversuch? In die Inductionsspule wird statt des Solenoids entweder ein permanent magnetischer Stahlstab hineingestossen und rasch herausgenommen, oder man lässt bequemer einen Stab weichen Eisens darin stecken, den man abwechselnd magnetisch und wieder unmagnetisch macht. — Man kann also ohne Element, allein durch den Magnet, electr. Ströme hervorrufen, wie man mittels des Stroms Magnete erzeugen kann. Auch hieran ist wieder zu erkennen, dass der Magnet seinem Wesen nach ein electrisch durchströmtes Solenoid ist.

Extraströme? Selbstinduction? Lässt man den Strom durch Schliessen in die Spirale eines Solenoids ein-

Die Inductionsströme haben eine sehr hohe Spannung, die die physiol. Wirkg verursacht.

>< ><

*Induktionsströme können H₂O nicht zersetzen
ebenso können mechanische Kräfte Magneten
ablenken; Licht kann hervorgerufen werden.
Galvano induction*

— 67 —

laufen, so wirkt jede vom Strom schon durchflossene Windung auf die folgende inducierend, ruft also einen Schliessungsstrom hervor, der als entgegengesetzt den Hauptstrom schwächt und ausserdem ein erst allmähliches Anwachsen des Schliessungsstroms zu seiner vollen Höhe verursacht.

Ebenso induciert der Strom beim Öffnen, wenn er in der einen Windung aufhört, in der folgenden noch durchflossenen einen gleichgerichteten Strom; dadurch wird der Strom in der Spule gestärkt und sein Verschwinden in derselben verzögert. Diese Verzögerung ist übrigens geringer als diejenige bei der Schliessung, sodass der Öffnungsstrom von seiner vollen Stärke schnell auf Null herabsinkt.

Inductionsapparate.

Schlittenapparat? Häufig zur Faradisierung verwandter Inductionsapparat mit gleichzeitiger Verwertung der Volta- u. Magnetinduction.

Die Inductionsrolle mit vielen Windungen lässt sich auf dem Boden eines Gestells (wie ein Schlitten) ganz oder teilweise über die feststehende inducierende Rolle schieben. Indem man den Widerstand in dieser möglichst verringert (wenige Windungen aus dickem Draht), erzielt man eine bedeutende Stärke des primären Stroms; die Spannung auf der Inductionsrolle wird durch Anbringen sehr vieler Windungen aus dünnem Draht erhöht. In der Hauptrolle befindet sich ein Stab weichen Eisens oder besser ein Bündel Eisendrähte. Diese werden magnetisch und wirken nun auch ihrerseits auf die Nebenspule inducierend in demselben Sinn wie der unmittelbar inducierende Hauptstrom, tragen also zu noch weiterer Verstärkung des Inductionsstroms bei. Der primäre Strom wird durch eine Hammervorrichtung selbstthätig unterbrochen, sodass Stromschluss und Stromöffnung

sehr rasch einander folgen; die Inductionsschläge sind von ungemein kurzer Dauer und demgemäss hoher Stärke — eben die Bedingungen einer starken physiologischen Wirkung.

Rhumkorffscher Funkeninductor? Bei diesem Inductionsapparat wird durch möglichste Beseitigung des Öffnungsextrastroms eine so hohe Spannung des Inductionsstroms erreicht, dass man mittels desselben die gleichen (durch hohe Spannung bedingten) Funkenerscheinungen wie bei der Reibungselectricität hervorrufen kann.

Nähert man nämlich die beiden Pole der Inductionsspulen, so erfolgt bei jeder Öffnung des Hauptstromes — der Öffnungsstrom ist ob seiner kürzern Dauer stets höher gespannt als der Schliessungsstrom — ein Durchbrechen der Luft und Überspringen glänzender Funken. (Ladung Leydener Flaschen mittels einiger Funken, Entzündung von Minen, Glühendmachen von Gasen in Geisslerschen Röhren etc.). *wird für physiol. Zwecke mehr benutzt.*

Magnetelectrische Maschinen.

Während die electricen Motore nach Hindurchleitung eines Stromes mechanische Arbeit leisten, wird die magnetelectrische Maschine durch solche bewegt und erzeugt Ströme; ein electromagnetischer Apparat kann zugleich als magnetelectrischer dienen und umgekehrt.

Magnetelectrische Maschine von Clarke? Vor den Polen eines Stahlmagnets in Hufeisenform werden zwei weiche Eisenkerne, die auf einer drehbaren Axe befestigt sind und zwei Inductionsspulen tragen, in rasche Rotation versetzt. So oft die Pole des weichen Eisens den Magnetpolen gegenüberstehen, kehrt sich die Richtung der in den Spulen erweckten Magnet-Inductionsströme um, sodass auch der Schliessungsbogen von abwechselnd entgegen-

gesetzt gerichteten Strömen durchlaufen wird — Wechselstrommaschine. Durch den Commutator, eine Vorrichtung zum Stromwenden, werden die Ströme im äusseren Schliessungsdraht gleichgerichtet.

Grammesche Maschine? Zwischen den Polen eines kräftigen Hufeisen-Stahlmagnets ist ein Ring aus weichem Eisen (der Grammesche Ring) in gleicher Ebene drehbar. Auf diesen sind mit einander verbundene Gruppen von Drahtspulen gewickelt, deren jede ein Drahtstück als Speiche zur Ringaxe schickt, wo es in isolierten, parallel zu dieser befestigten Metallstäbchen endigt. Auf diesen Metallstäbchen der Axe schleifen durch Federn angedrückt zwei Drahtbürsten, welche mit den Enden des Schliessungsbogens verbunden sind und von denen während der Umdrehung des Rings die eine — wie bei den Polen einer Batterie — stets nur den in den Spulen erregten positiven, die andere nur den negativen Inductionsstrom aufnimmt. Der Strom im Leitungsdraht läuft also in gleicher Richtung, ist ununterbrochen und stets von gleicher Stärke. Die Gramme'sche Maschine ist also eine Gleichstrom-Maschine ohne Commutator.

Dynamoelectrische Maschinen? Kräftigere Wirkungen erzielt man mit der Dynamo-Maschine, einer nach Siemens' dynamo-electrischem Princip vervollkommeneten Gramme'schen Ringmaschine.

Der Stahlmagnet derselben ist durch einen Electromagnet ersetzt, welcher nach genanntem Princip keine eigene (teuere) Batterie zu seiner Speisung bedarf, sondern mit dem vom Inductor selbst (von der einen Schleifeder) kommenden Schliessungsdraht umwickelt, also durch den Inductionsstrom selbst bzw. durch die Rotation des Rings unterhalten wird.

Dass hier durch die mech. Arbeit der Drehung allein electriche Ströme erzeugt werden, erklärt sich aus der Erscheinung des remanenten Magnetismus (ein Eisenkern verliert seinen Electromagnetismus nie vollständig). Der kleine zurückgebliebene Rest im Electromagneten in-

duciert auf der Ringspule einen schwachen Strom, dieser induciert wieder den Electromagneten und verstärkt den remanenten Magnetismus — Strom und Electromagnetismus verstärken sich gegenseitig.

Electrische Kraftübertragung? Die zur Stromerzeugung bei der Dynamo-Maschine aufgewandte mech. Kraft kann auf weite Strecken in der Weise übertragen werden, dass man den gewonnenen Strom durch Drähte nach dem entfernten Orte und dort in die Magnetisierungs- und Ringspule eines gleichgebauten Dynamos leitet, wo er umgekehrt den Ring in Rotation versetzt und dadurch (abgesehen von Verlust durch Widerstand der Leitung) dieselbe mech. Arbeit leistet, die zu seiner Hervorrufung (etwa durch ein Wassergefälle, Dampfmaschinen) verrichtet wurde. Diese zweite (electromagnetische), electrische Energie in Kraft umwandelnde Maschine nennt man electro-dynamische M. im Gegensatz zu der ersten dynamo-electrischen M.; in der Construction ist jedoch kein Unterschied. (Electrische Eisenbahn.)

Telephon? Beim Telephon von Bell (1875) steht ein in einer Inductionsspule befindlicher Stahlmagnet senkrecht vor der Mitte einer dünnen, kreisförmigen, an den Rändern befestigten Metallmembran.

Spricht man gegen diese, so übertragen sich die Luftschwingungen der Sprache auf sie, sie gerät in Schwingungen und zwar in genau entsprechende; die Membran nähert und entfernt sich von dem Magnetpol und verstärkt oder schwächt dadurch abwechselnd seinen Magnetismus — Änderungen, welche in der Drahtspule ebenfalls genau den Luftschwingungen entsprechende Inductionsströme (Wechselströme) erwecken. —

Diese laufen in der Leitung nach der entfernten Station und werden dort in die Spule eines gleich construierten Apparates (Hörtelephon) geleitet, wo sie den Stahlstab bald stärker, bald schwächer magnetisieren und so ein abwechselndes Anziehen und Abstoßen der Metallmembran hervorrufen, wodurch diese wieder in durchaus

übereinstimmende Schwingungen versetzt und zum Tönen gebracht wird. —

Man benützt jedoch dieses Telephon nur als Hörtelephon in Verbindung mit dem Mikrophon als kräftigeren Sprechapparat.

Mikrophon? Die stärkere Wirkung desselben beruht auf der Verwendung einer eigenen Batterie. — Bei dem einfachsten Mikrophon von Hughes (1878) sind an der einen nach aufwärts verlängerten Seitenwand eines Resonanzkästchens horizontal zwei mit den Drahtpolen verbundene Kohlenblöcke befestigt. Zwischen diesen steht aufrecht, in Vertiefungen, leicht angelehnt ein drittes beiderseits zugespitztes Kohlenstäbchen, welches die Leitung schliesst. — Spricht man gegen dasselbe, so ändern die Schallschwingungen die Berührungssinnigkeit und damit den Leitungswiderstand der drei Kohlen; die entstehenden Schwankungen der Stromstärke übertragen sich auf den Magneten des Hörtelephons und von da in übereinstimmender Weise auf die Metallmembran. —

Gewöhnlich wird im Fernsprechverkehr eine Vervollkommnung dieses Mikrophons, der Transmitter (v. Berliner) verwandt.

Thermoelectricität.

Noch auf eine vierte Art kann Electricität gewonnen werden: durch Erwärmung zweier verschiedener, zusammen-
gelöteter Metalle.

In einem derart aus zwei Bügeln gebildeten Metallrahmen (Thermoelectrisches Element, Thermo-
element) entsteht ein Strom, wenn man die eine Löt-
stelle erhitzt oder die andere abkühlt, also Tem-
peraturstörungen verursacht.

Die electromotorische Kraft steigt mit der Tem-
peraturdifferenz der beiden Lötstellen und ist ferner von der

Natur der verwandten Metalle abhängig; sie ist bei gleichem Temperaturunterschied desto grösser, je weiter die beiden das Element zusammensetzenden Metalle in folgender

Thermoelectrischen Spannungsreihe:

„Wismuth — Nickel — Quecksilber — Platin — Blei — Kupfer — Gold — Silber — Zink — Eisen — Antimon“
von einander absteigen.

Stromrichtung: an der wärmeren Berührungsstelle von dem in dieser Reihe vorhergehenden Gliede zum folgenden (z. B. in dem sehr gebräuchlichen Wismuth-Antimon-Element von Bi zu Sb).

Mehrere Thermoelemente nach Art der Voltaschen Säule aneinandergereiht geben eine Thermosäule. Die electromotorische Kraft der Thermoelemente ist gering; doch bieten sie wenig (innere u. äussere) Widerstände und liefern daher ziemlich starke Ströme.

Der Thermostrom ist ungemein empfindlich gegen jede Temperaturveränderung. Hierauf gründet sich der wichtigste Gebrauch dieser Elemente zur Messung sehr geringer, auf andere Art nicht nachweisbarer Temperaturdifferenzen, besonders für strahlende Wärme. Die zu diesem Zwecke mit guten Galvanometern verbundenen Thermosäulen reagieren sogar auf die Wärmestrahlen der Fixsterne. —

Wellenlehre.

Wellenbewegung? Unter Wellenbewegung versteht man die eigentümliche Art der Fortpflanzung einer schwingenden Bewegung.

Eine schwingende Bewegung entsteht, wenn eine elastische Masse durch irgend eine Kraft in ihrem Gleichgewicht gestört wird; vermöge ihrer Elasticität kehrt sie in die natürliche Gleichgewichtslage zurück, vermöge des Beharrungsvermögens bleibt sie aber, hier angekommen, nicht in Ruhe, sondern bewegt sich noch ebenso weit über die Gleichgewichtslage hinaus, bis die Elasticität sie wieder zur Umkehr zwingt, welche dann in gleicher Weise pendelartig erfolgt.

Diese schwingende Bewegung beschränkt sich nun nicht auf die ursprünglich im Gleichgewicht gestörte Masse allein, sondern sie überträgt sich auf die angrenzenden und alle folgenden Massenteilchen (gleichgültig ob desselben oder eines anderen Mediums) derart, dass sie ihre Energie dazu verbraucht, diese zu gleichen Schwingungen anzuregen. In solcher Weise pflanzt sich also die schwingende Bewegung fort, während die schwingenden Massenteilchen selbst nicht weiterschreiten — es ist eine Wellenbewegung entstanden.

Zwei Arten von Schwingungen? Man unterscheidet

I. **Transversal-** oder **Querschwingungen**: die Teilchen schwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung.

II. **Longitudinal-** oder **Längsschwingungen**: die Teilchen schwingen in der Fortpflanzungsrichtung selbst.

Welle? Besteht aus Wellenberg und Wellenthal. Wellenberg nennt man bei den Querschwingungen die Erhebung der Stoffteilchen über die Gleichgewichtslage, bei den Längsschwingungen die Verdichtung derselben; Wellenthal ist die Senkung der Teilchen unter die Ruhelage, bezw. ihre Verdünnung. — Während ein Teilchen eine vollständige Schwingung macht, erzeugt es eine neue vollständige Welle, pflanzt sich also die Welle um ihre eigene Länge fort.

Schwingungsweite? Amplitude, Elongation — wie beim Pendel.

Interferenz der Wellen? Das Zusammentreffen und Aufeinanderwirken mehrerer Wellenbewegungen. Je nach dem Gangunterschied derselben beobachtet man:

I. Treffen zwei Wellen gleicher Fortpflanzungsrichtung zusammen und sind ihre Ausgangspunkte um eine gerade Anzahl Wellenlängen von einander entfernt, so verstärken sie sich — sind ihre Ausgangspunkte um eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen entfernt, so schwächen sie sich oder heben sich auf, wenn sie gleiche Amplituden hatten.

II. Interferieren zwei Wellen entgegengesetzter Fortpflanzungsrichtung, so bilden sich stehende Wellen.

Stehende Wellen? Die stehende Welle resultiert aus zwei entgegengesetzt fortschreitenden Wellenbewegungen. Es entstehen ruhige Punkte, **Schwingungsknoten**, an denen die Teilchen in der Gleichgewichtslage verharren; die dazwischen liegenden Punkte schwingen lebhaft hin und her — **Schwingungsbäuche**. Die Knoten sowie die Bäuche sind um je eine halbe Wellenlänge getrennt.

Akustik.

Schall? Eine durch Einwirkung auf den Gehörnerven empfundene Wellenbewegung.

Entstehung des Schalles? Die Schwingungen der „Schallquelle“ pflanzen sich, gleichgültig ob sie longitudinale oder transversale sind, stets in Längsschwingungen bis zu unserem Ohre fort und zwar in jedem Stoffe. Im leeren Raum überträgt sich der Schall nicht (Versuch: Wecker unter dem Recipienten der Luftpumpe).

Fortpflanzungsgeschwindigkeit? In der Luft bei gewöhnlicher Temperatur $= 340$ m (nimmt mit der Temperatur zu, ist unabhängig vom Luftdruck und kann durch den Wind je nach dessen Richtung erhöht oder vermindert werden). Im Wasser pflanzt sich der Schall 5 mal so schnell fort, noch rascher in den Metallen, am raschesten im Tannenholz, ca. 18 mal schneller als in der Luft. — Jeder Schall pflanzt sich mit gleicher Geschwindigkeit fort.

Ausbreitung der Schallwellen? Der Schall breitet sich von der schwingenden Schallquelle, wenn das umgebende Medium gleichmässig beschaffen, kugelförmig in nach allen Richtungen gehenden Schallstrahlen aus. Die Schallstärke ist umgekehrt proportional dem Quadrate der Entfernung.

Reflexion und Refraction der Schallwellen? Trifft die Schallwelle von einem Medium auf ein anderes von verschiedener Beschaffenheit, so wird sie, wenn sie in das

neue Medium eindringen kann, gebrochen (d. h. ihre Richtung ändert sich); kann sie dagegen nicht eindringen, nach den allgemeinen Reflexionsgesetzen (siehe „Licht“), zurückgeworfen.

Echo? Der Waldrand (Mauer, Felsenwand) wirkt hier wie eine ebene Fläche, von der die Schallstrahlen so zurückgeworfen werden, als kämen sie von einem Punkte, welcher auf der von der Schallquelle auf die Fläche gefällten Senkrechten ebensoweit hinter der Fläche liegt als die Schallquelle vor ihr. — Mehrfaches Echo bei mehreren reflectierenden Flächen.

Sprachrohr? An einem Ende enge, am anderen sich trichterförmig erweiternde lange Röhre. Beim Hineinsprechen in die enge Mündung werden die Schallstrahlen im Rohr so reflectiert, dass sie sich beim Austreten gesammelt in der Richtung desselben fortpflanzen. Dadurch wird die aus der Ausbreitung folgende Schwächung des Schalles vermieden und derselbe bei stiller Luft bis auf $1\frac{1}{2}$ —2 km vernehmbar gemacht.

Hörrohr? Ähnlich eingerichtet, für Schwerhörige. Die durch den Trichter eintretenden Wellen werden so zurückgeworfen, dass sie nahezu alle in der engen Mündung des Rohres sich vereinigen und so verstärken (Stethoscop).

Verschiedenartige Schallempfindungen? Die wichtigsten Unterscheidungen: Knall—Geräusch—Ton. Als Knall und Geräusch empfinden wir unregelmässige, als Ton oder Klang regelmässige in gleichen Zeiten sich wiederholende Luftschwingungen. Nur Körper, welche so regelmässig schwingen können, sind also im stande, Töne oder Klänge hervorzubringen.

Tonhöhe und Tonstärke? Ein Ton ist um so höher, je grösser seine Schwingungszahl, um so stärker, je grösser seine Schwingungsweite (-amplitude).

Sirene? Auf einer Scheibe befinden sich in concentrischen Kreisen angeordnete und gleichmässig von einander abstehende Löcher. Bläst man, während die Scheibe rasch

und gleichmässig gedreht wird, durch ein Rohr auf die Löcher, so entstehen regelmässig abwechselnd Luftstösse, die wir als einen Ton best. Höhe empfinden. Die Schwingungszahl dieses Tons ist das Produkt aus der Anzahl der Löcher im Kreise und der Zahl der Umdrehungen in 1 Sek. Mittels einer noch vollkommener construierten Sirene findet man die Schwingungszahlen jedes Tons aufs genaueste.

Intervall? Das Verhältniss der Schwingungszahlen zweier Töne.

Bringen wir auf der Scheibe der Sirene vier Lochreihen mit 8, 10, 12, 16 Löchern an und untersuchen den Höhenabstand der vier bei gleich rascher Umdrehung erhaltenen Töne, so bildet

der Ton der vierten Reihe zu dem der ersten als Grundton die Oktave (also doppelt so viele Schwingungen in gleicher Zeit — Schwingungsverhältniss $2:1$);

der Ton der dritten Reihe zu dem der ersten die Quinte (Schwingungsverhältniss $3:2$);

der Ton der zweiten Reihe zu dem der ersten die (grosse) Terz (Schwingungsverhältniss $5:4$).

Auf gleiche Weise findet man die Schwingungsverhältnisse der übrigen Intervalle: der Sekunde, kl. Terz, Quarte, Sexte und Septe.

Accord? Das gleichzeitige Erklingen mehrerer Töne. Consonierend ist er, wenn die Töne zu einem Wohlklang verschmelzen, dissonierend, wenn der Zusammenklang einen weniger befriedigenden bis misstönenden Eindruck hervorruft. In je einfacherem Verhältniss die Schwingungszahlen der einzelnen Töne zu einander stehen, desto vollkommener empfinden wir die Consonanz.

Tonleiter? Die Aufeinanderfolge der Intervalle, geordnet nach der Grösse ihres Schwingungsverhältnisses.

Absolute Schwingungszahlen? Die absoluten Schwingungszahlen, d. h. die Anzahl der Schwingungen eines Tons in der Sekunde, sind nach Feststellung der Schwing-

ungsverhältnisse (rel. Schwingungszahlen) sämtlich bekannt, wenn sie für einen Ton festgesetzt.

Dieser Ton ist das eingestrichene a (a_1) mit 435 Schwingungen (Pariser Stimmung); er bildet, durch Stimmgabeln angegeben, die Grundlage der musikalischen Stimmung.

Den tiefsten, und noch als solchen wahrnehmbaren Ton bildet das Subcontra - C mit 16 Schwingungen. Töne von 40 000—60 000 Schw. pro Sek. sind uns zwar noch vernehmbar, aber nicht mehr zu unterscheiden.

Wellenlängen der Töne? Die Wellenlänge eines Tones ergibt sich, wenn man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die bei allen Tönen dieselbe ist $= 340$ m, durch die Schwingungszahl des betr. Tons dividiert (z. B. Wellenlänge

$$\text{für } a_1 = \frac{340}{440} = 0,772 \text{ m}).$$

Obertöne? Wenn man eine Saite mit dem Bogen streicht, so schwingt sie nicht nur als Ganzes, um ihren Grundton anzugeben, sondern sie zerlegt sich zugleich (durch ruhende Punkte — Schwingungsknoten) in zwei, drei, vier . . . schwingende Teile, lässt also zugleich mit ihrem Grundton dessen

Octave, indem sie in zwei Teilen, dessen

Quinte, „ „ „ drei „ „

Doppeloctave, indem sie in vier Teilen schwingt, ertönen.

Diese durch Bildung kleinerer Schwingungen im Wellenzug der Hauptschwingungen bedingten Töne nennt man Obertöne.

Sie sind jedem, gleichviel auf welche Art erzeugten Ton beigemischt; allerdings viel schwächer als dieser und nur bei einiger Übung (s. Resonatoren) hörbar, dagegen sind ihren mannigfachen Bildungsweisen die ebenso mannigfachen **Klangfarben** der Grundtöne zu verdanken.

Tonerreger?

I. Saiten. Sie geraten durch Streichen—Zupfen—Anschlagen in Querschwingungen. Die Schwingungs-

zahl ist direct proportional der Spannung, umgekehrt der Quadratwurzel aus dem spec. Gewicht der Saite.

II. Stäbe. Sie können in stehende Längsschwingungen (siehe diese unter „Pfeifen“) oder Querschwingungen versetzt werden. Anwendung finden nur die letzteren. Sie können sich dabei wie Saiten in mehrere schwingende Teile zerlegen. Die Schwingungszahl steht im geraden Verhältnis zur Dicke, im umgekehrten zum Quadrat der Länge der Stäbe. — Wichtigster Gebrauch bei der Stimmgabel zum Stimmen der Instrumente: ein hufeisenförmiger Stab, bei welchem die beiden Knotenpunkte nahe am krummen Teile liegen.

III. Platten und Membranen. Schwingen ebenfalls als Ganzes oder in durch Knotenlinien getrennten Teilen, welche (als Chladni Klangfiguren) sichtbar gemacht werden können, wenn man die Platte mit feinem Sand bestreut. (Glocken, Trommeln, Pauken, Kehlkopf-Stimmbänder, s. auch „Telephon“).

IV. Pfeifen. Pfeifen sind Röhren, deren Luftsäulen entweder durch — vor ihrer Öffnung angebrachte schwingende elastische — Zungen (Zungenpfeifen) oder durch Anblasen derart in Schwingungen versetzt werden, dass die durch ein Mundstück eingeblasene Luft sich an einer seitlich angebrachten scharfkantigen Lippe stösst: ein Teil der Luft verlässt die Röhre, der andere verdichtet die Luft in derselben und bewirkt durch das nun erfolgende teilweise Ausströmen sofort wieder eine Verdünnung — Lippenpfeife.

Man unterscheidet ferner zwischen gedeckten Pfeifen, d. h. solchen, die an einem Ende verschlossen und offenen, welche an beiden Enden offen sind. — Kommt am verschlossenen Ende der gedeckten Pfeife eine Luftwelle an, so wird sie reflectiert, kehrt zurück und interferiert mit der nachkommenden; aus den zwei Bewegungen, welche die Luftteilchen infolge der ankommenden und reflectierten Wellen machen müssen, resultiert die stehende Wellenbewegung.

Am verschlossenen Ende der Röhre entsteht ein ruhiger Schwingungsknoten, ebenso an je $\frac{1}{2}$ Wellenlänge entfernten Punkten; zwischen je zwei Knoten schwingt die Luft abwechselnd auf einen Knoten zu, um die Luft in seiner Nähe zu verdichten, oder sie schwingt von ihm weg und erzeugt dort Luftverdünnung. Für zwei solche benachbarte Wellenbäuche ist der Bewegungszustand stets entgegengesetzt.

Aus dieser Lagerung der Knoten und Bäuche ergibt sich, da sich ja an der Rohröffnung, wo der Schwingungsanstoss erfolgt, notwendig ein Wellenbauch befinden muss, die für eine Pfeife zum Hervorbringen eines best. Tons erforderliche Länge. Sie muss demnach $= \frac{1}{4}$ oder $\frac{3}{4}$ oder $\frac{5}{4}$. . . der Wellenlänge des gewünschten Tons betragen.

Auch bei den (beiderseits) offenen Pfeifen können stehende Wellen entstehen. Hier bildet sich am reflectierenden Ende ein Schwingungsbauch, die Röhre muss also mindestens einen Knoten in ihrer Mitte besitzen; die Wellenlänge beträgt das doppelte der Pfeifenlänge. Eine solche offene Pfeife gibt also die Oktave des Tons einer ebenso langen gedeckten Pfeife an.

Schwebungen? Eine Interferenz-Erscheinung von Tonwellen. — Beim Zusammenklang zweier Töne mit fast der gleichen Schwingungszahl verstärken sich die Tonwellen, so oft sie in derselben Richtung schwingen, schwächen sich dagegen oder heben sich ganz auf, so oft sie in entgegengesetzten Richtungen zusammentreffen. Dieses Anschwellen und Nachlassen (diese Wechsel) empfindet das Ohr als Schwebungen oder Stösse; je häufiger solche in der Sek. erfolgen, desto rauher und dissonierender ist der Zusammenklang.

Resonanz? Das Mittönen einer Schallquelle beim Erklängen ihres Eigentons, d. i. des Tons, der ihr selbst je nach Elasticität und Dimensionen eigentümlich ist. Diese Erscheinung beruht auf Übertragung von Energie

durch Wellenbewegung. (Singt man z. B. einen Ton ins Piano, so überträgt sich die Kraft der Stimmbänder-schwingungen auf die Luftwellen und von hier auf diejenige Saite, die im stande ist, mit jenem gleichzeitig gleiche Schwingungen zu machen). —

Die durch die Resonanz erzeugte Verstärkung des ursprünglich erklingenden Tons wird vielfach benutzt, z. B. um den an sich schwachen Klang der Saiten, Stimmgabeln durch Resonanzböden aus elastischem Holze Klangkraft und Fülle zu erteilen. Auch die Pfeife ist als Resonanzrohr aufzufassen.

Resonatoren? Blecherne oder gläserne Hohlkugeln mit einer engen gerade zum Einsetzen ins Ohr passenden Öffnung und einer weiteren, welche der Schallquelle zugewandt wird. Da diese Instrumente nur beim Erklingen des Tons, dessen Schwingungen die in ihm enthaltene Luftmasse in gleiche Schwingungen zu versetzen vermag (= des Tons, auf welchen sie abgestimmt sind) mit-tönen, resonieren, so kann man im Besitze vieler solcher auf verschiedene Töne abgestimmte Resonatoren jede Klangfarbe durch Wahrnehmung der sie bedingenden einzelnen Obertöne analysieren. — Auf diese Weise entdeckte Helmholtz das Wesen der Vocale: Klangfarben-versehiedenheiten eines Grundtons.

Optik.

Licht? Als Licht empfinden wir jeden auf die Netzhaut und damit auf den Sehnerven einwirkenden Reiz. Körper, die etwas an unsere Netzhaut gelangen lassen, wodurch dieselbe gereizt wird, nennen wir

Lichtquellen? Es gibt welche, die selbstthätig den Lichtreiz aussenden — Selbstleuchter und solche, denen diese Eigenschaft erst von Selbstleuchtern übermittelt wird, — beleuchtete Körper. Wir unterscheiden wieder natürliche Selbstleuchter: Sonne und Fixsterne, und künstliche, beruhend auf der Lichtaussendung von Körpern, die sich in höchsten Temperaturen (Glühhitze) befinden. Ein dunkler Körper wird dadurch leuchtend, dass er das von Selbstleuchtern zugesandte Licht diffus, d. i. nach allen möglichen Richtungen hin zurückstrahlt.

Wesen des Lichts? Es existieren zwei Theorien:

I. die veraltete Newtonsche Emissionstheorie. Nach ihr wird von der Lichtquelle ein feiner, unwägbarer, alles durchdringender Lichtstoff ausgesandt und gelangt so auch in unser Auge (1667),

II. die gegenwärtig allgemein angenommene Huygense'sche Undulations- od. Schwingungstheorie, wonach der Äther, ein unwägbarer, im ganzen Weltall und zwischen den Atomen jedes Körpers existierender elastischer Stoff durch die Lichtquelle in sich fortpflanzende (höchst wahrscheinlich) transversale Schwingungen versetzt wird.

* **Wichtigste Beweise für die Undulationstheorie?**

Die am Fresnelschen Spiegelversuch sich zeigenden Interferenz-, sowie die Beugungserscheinungen des Lichts, welche durch die Emissionstheorie keine befriedigende Erklärung finden, dagegen nur als notwendige Folgerungen der Wellentheorie erscheinen.

* **Fresnels Spiegelversuch?** Besteht darin, dass man

durch einen Spalt homogenes Licht auf zwei in sehr stumpfem Winkel zusammenstossende schwarze Glasspiegel fallen lässt. Die Strahlen werden so reflectiert, als ob sie von zwei hinter den Spiegeln liegenden Lichtpunkten ausgingen; diese bilden die Spitzen zweier im weiteren Verlauf zusammen-treffender, sich teilweise vereinigender Lichtkegel. Ein in den Gang dieser Strahlen gebrachter Schirm zeigt auf dem beiden Kegeln gemeinsamen, also von beiden Lichtquellen zugleich beleuchteten Mittelfelde eine Reihe paralleler, abwechselnd heller u. dunkler Streifen — Interferenzstreifen, je nachdem zwei Strahlen mit einem Gangunterschied von einer ganzen Wellenlänge — vergrösserte Amplituden, verstärkte Helligkeit, od. mit einem solchen von einer halben Wellenlänge — gegenseitige Aufhebung, Dunkelheit, interferieren.

* **Beugung des Lichts?** Betrachtet man eine Flamme durch die herabgesenkten Augenwimpern, durch feines Gewebe, eine Federfahne, so erscheint der helle Lichtpunkt farbig umsäumt, ebenso auch Sonnenstrahlen, welche durch einen feinen Spalt in einen dunklen Raum fallen; die Natur dieser Erscheinungen zeigt sich, wenn man nur homogenes Licht durch den Spalt fallen lässt: der helle Lichtstreifen ist von abwechselnd hellen und dunklen Ringen umgeben — die schon mittels Fresnels Spiegel beobachtete Interferenzerscheinung.

Die beschriebene Erscheinung wird **Beugung** oder **Diffraction** genannt, da die Strahlen gleichsam um die inneren Spaltecken gehen, seitlich ausgebreitet, gebeugt werden. Zur Erklärung nimmt man an, dass die Wellenbewegung im unbegrenzten Mittel sich nur scheinbar geradlinig fortpflanze, in Wirklichkeit aber (**Huygenssches Princip**) jedes Teilchen derselben den Ausgangspunkt eines neuen — wie bei den Schallwellen — kugelförmigen Wellensystems bilde.

Aus dem Zusammentreffen der vielen derart entstehenden Systeme ist das Zustandekommen der Interferenz leicht verständlich; die Beugung erklärt sich also unmittelbar aus

dem Wesen der Wellenbewegung und spricht abermals für die Eigenschaft des Lichts als solche.

Fortpflanzung des Lichts? Jeder leuchtende Punkt erregt nach allen Richtungen hin Lichtwellen und diese pflanzen sich bei gleichartigem (isotropem) Medium geradlinig (nur scheinbar; siehe „Beugung“) fort, weshalb man von Lichtstrahlen spricht. Man kann sich hiervon am Schatten und an der Camera obscura überzeugen.

Schatten? Schatten ist Lichtmangel hinter beleuchteten undurchsichtigen Körpern. Schattenraum ist der ganz oder teilweise lichtleere Raum hinter solchen. Er besitzt Schlagschatten oder Kernschatten. Ist die Lichtquelle ein leuchtender Punkt, so hat der Schattenraum die Gestalt eines abgestumpften Kegels, dessen Spitze den leuchtenden Punkt treffen müsste: also geradlinige Fortpflanzung der Strahlen.

Camera obscura? Die einen dunklen Raum (Kammer) vom Licht trennende Wand ist in einer feinen Öffnung durchbohrt: die Lichtstrahlen entwerfen auf der gegenüberliegenden Wand ein deutliches, umgekehrtes Bild der äusseren Gegenstände. Jeder einzelne der vielen leuchtenden Punkte dieser Gegenstände hat einen gradlinigen Lichtstrahl gesondert die Öffnung passieren lassen.

Beleuchtungsstärke? Ist I. umgekehrt prop. dem Quadrate der Entfernung der beleuchteten Stelle von der Lichtquelle, II. direkt prop. der Stärke der Lichtquelle.

Stärke der Lichtquelle, Lichtintensität? Abhängig von der Grösse der Schwingungsamplituden der Lichtwellen.

Photometer? Apparate zur Bestimmung der Lichtstärke versch. Lichtquellen mit Anwendung des Satzes I der Beleuchtungsstärke (s. oben). — Das einfachste ist Rumfords Schattenphotometer: ein undurchsichtiger Stab vor einer weissen Fläche befestigt. Man verrückt die vor demselben aufgestellten zu vergleichenden Lichtquellen so lange, bis die verschiedenen auf die Fläche geworfenen Schatten gleichhell erscheinen; also gleiche Beleuchtungs-

stärke hergestellt ist, und misst nun die versch. Entfernungen der Lichtquellen von der Fläche.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts? Sie ist für irdische Entfernungen ausserordentlich gross: pro Sek. = ca 300 000 km.

I. Olaf Römer (dänischer Astronom) berechnete sie als Erster 1676, und zwar für die Sonne als Lichtquelle durch Beobachtung der Verfinsterung der Jupitertrabanten. — Der grösste Planet Jupiter wird von vier Monden nahezu in der Ebene seiner eigenen Umlaufbahn umkreist, welche bei jedem Umlauf, indem sie in den Schattenraum des Planeten treten, verfinstert werden. Römer sah, dass die Verfinsterung des innersten Mondes bei der grössten Entfernung der Erde vom Jupiter um 1000 Sek. später eintritt als bei der geringsten Entfernung der beiden Planeten. Das unmittelbar vor seiner Verfinsterung vom Trabanten ausgehende Licht braucht also 1000 Sek., um den Durchmesser der Erdbahn zu durchlaufen. Dieser beträgt ca 300 Mill. km, demnach die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts = 300 000 km in der Sekunde.

II. Dieselbe Zahl berechnete Bradley für die Fixsterne aus der Aberration des Lichts,

III. endlich Fizeau für irdische Lichtquellen mittels eines physicalischen Versuchs.

Reflexion des Lichts.

Reflexionsgesetze? Die Gesetze für die Reflexion der Lichtwellen (d. h. die Zurückwerfung derselben von der Grenzfläche eines neuen Mediums, in das sie nicht einzudringen vermögen) sind folgende allgemein für Wellenbewegungen gültige:

I. Jeder Strahl wird nur nach einer Richtung reflectiert.

II. Der einfallende Strahl, das Einfallslot (d. i. eine

Senkrechte, errichtet auf dem vom einfallenden Strahl getroffenen Punkte der reflectierenden Fläche) und der reflectierte Strahl liegen in einer Ebene. Diese demnach stets vertical auf der zurückwerfenden Fläche stehende Ebene heisst Einfalls- oder Reflexionsebene.

III. Der Reflexionswinkel, d. i. derjenige zwischen einfallendem Strahl und Einfallslot = dem Einfallswinkel.

Spiegel? Jede glatte, zwei Medien begrenzende Fläche. Planspiegel: eine ebene, sphärischer Spiegel: eine regelmässig gekrümmte glatte Fläche.

Spiegelbilder des Planspiegels?

In Übereinstimmung mit den Reflexionsgesetzen werden die von einem leuchtenden Punkt auf einen ebenen Spiegel auffallenden Lichtstrahlen so zurückgeworfen, als wenn sie von einem Punkte kämen, welcher auf der Verlängerung einer vom Lichtpunkte auf den Spiegel gefällten Senkrechten ebensoweit hinter dem Spiegel liegt, wie der leuchtende Punkt vor demselben. Lassen wir daher die zurückgeworfenen Strahlen unser Auge treffen, so glauben wir das Bild des Punktes auf jener Senkrechten in dem erwähnten Abstand hinter dem Spiegel zu erblicken: wir sehen es in dem Spiegel in der Richtung der reflectierten Strahlen. —

Ein solches Bild, welches nicht durch wirkliche Vereinigung der von den leuchtenden Punkten eines Gegenstandes ausgehenden Strahlen, sondern nur durch eine scheinbare Sammlung der zerstreuten Strahlen hinter der Fläche zu stande kommt, nennt man ein scheinbares, virtuelles oder Zerstreuungsbild. Die auf erstere Art entstehenden Bilder nennt man dagegen wirkliche, reelle Bilder; sie können aufgefangen und allgemein sichtbar gemacht werden.

Heliostat? Ein Planspiegel, der, am Fenster eines verdunkelten Zimmers drehbar angebracht, dazu dient, die Sonnenstrahlen in bestimmter Richtung ins Zimmer zu reflectieren.

Winkelspiegel? Zusammenstellung von zwei oder mehreren Winkel einschliessenden Spiegeln. Die

(übrigens nur bei der parallelen Gegenüberstellung zweier Sp. unbegrenzte) vervielfältigende Wirkung beruht darauf, dass jedes Spiegelbild einem anderen Spiegel gegenüber wieder die Rolle des Gegenstandes spielt und — allerdings immer lichtschwächere — Bilder entwirft. (Kaleidoscop, Debuscop).

Hohl- oder Sammelspiegel? Der Abschnitt einer Hohlkugel mit innerer glatter Fläche. Hauptaxe nennt man die durch den Krümmungsmittelpunkt auf den tiefsten Punkt des Spiegels, bei einem runden Hohlspiegel also auf dessen Mitte gefällte Senkrechte.

Grösse, Art und Lage der Bilder?

Entstehung und Eigenschaften der Spiegelbilder hängen ab von dem Gang der reflectierten Strahlen; dieser ist wieder bedingt durch die Entfernung des leuchtenden Gegenstands vom Spiegel und unter Beobachtung der Reflexionsgesetze (wobei Einfallslot = den Radien) mittels einfacher Zeichnung leicht darstellbar. Es genügt dabei, die Strahlen eines der leuchtenden Punkte des Gegenstands zu verfolgen. Man unterscheidet folgende Fälle:

Ia. Fallen die Strahlen parallel der Hauptaxe auf (was bei den Sonnenstrahlen nahezu eintrifft), so vereinigen sie sich nach der Reflexion in einem Punkte der Hauptaxe; dieser, ein unendlich kleines, reelles Bildchen der Sonne ist infolge der Wärmewirkung der vereinigten Strahlen sehr heiss — Brennpunkt oder Focus (daher auch der Name „Brennspiegel“). Die Brennweite oder Focaldistanz, d. i. der Abstand des Brennpunkts vom Spiegel = $\frac{1}{2}$ Krümmungsradius.

b. Liegt das Object im Brennpunkte, so treten die reflectirten Strahlen parallel aus, und es kommt kein Bild zu stande.

IIa. Liegt das Object zwischen Unendlich und Krümmungsmittelpunkt, so entsteht das Bild umge-

kehrt, verkleinert, reell zwischen Brennpunkt und Krümmungsmittelpunkt.

b. Liegt das Object zwischen Brennpunkt und Krümmungsmittelpunkt, so entsteht das Bild dort, wo im ersten Fall das Object sich befand, umgekehrt, vergrößert, reell.

III. Liegt das Object innerhalb der Brennweite, so können sich die reflectierten Strahlen nicht mehr in einem Punkte vereinigen und divergieren so, als wenn sie von einem hinter dem Spiegel gelegenen Punkte ausgingen. Das Bild ist nicht auffangbar, also virtuell, aufrecht und vergrößert. (Daher Verwendung des Hohlspiegels, als vergrößernder Toilette-Spiegel.)

Convex- oder Zerstreungsspiegel? Jede auf der gewölbten Seite glatte Kugelfläche. Da die auf den Convexspiegel fallenden Lichtstrahlen nach der Reflexion stets divergieren, kommen nur virtuelle, aufrechte Bilder zu stande. Sie sind sämtlich verkleinert, daher die Bezeichnung „Verkleinerungsspiegel“. Der Convexspiegel findet nur geringen Gebrauch (kleine Taschen-Toilettespiegel).

Brechung.

Brechung? Tritt ein Lichtstrahl von einem Medium in ein anderes durchsichtiges über, so geht er in diesem fort, erleidet jedoch, soferne er nicht die Grenzfläche senkrecht trifft, beim Übergang eine Änderung seiner Richtung — eine Brechung, Refraction.

Brechungsgesetze? Die allgemein für Wellen gültigen:

I. Der einfallende Strahl, das Einfallslot und der gebrochene Strahl liegen in einer Ebene — Brechungsebene, die senkrecht auf der brechenden Fläche steht.

II. Das Verhältniß des Sinus des Einfallswinkel steht zum Sinus des Brechungswinkels in einem unveränderlichen Verhältniß — Brechungsexponent oder -coefficient.

$$\sin \alpha = n \cdot \sin \beta$$

III. Reciprocitätsgesetz: Ein Strahl wird beim Übergang vom dichteren ins dünnere Medium unter demselben Winkel refractiert, um welchen er beim Übergang in das dichtere abgelenkt würde. Im letzteren Fall wird der Strahl dem Einfallslot genähert, im ersteren von ihm entfernt.

Gang der Strahlen in planparallelen Platten? Trifft ein Strahl auf ein von zwei planparallelen Flächen begrenztes Medium (Platte) und befindet sich vor und hinter diesem Flächenpaar ein Medium gleicher Beschaffenheit, so erleidet er zwar die gesetzmässige Brechung, besitzt aber beim Wiedereintritt in das ursprüngliche Medium die ursprüngliche Richtung, nur seitwärts verschoben.

Totale Reflexion? Sowohl für Strahlen, die von einem dünneren in ein dichteres Medium treten, als für solche, die den umgekehrten Weg gehen, gibt es einen grössten Winkel, unter dem sie noch in das zweite Medium gebrochen werden — Grenzwinkel; bei noch schrägerem Auffallen gelangt der Strahl gar nicht mehr in das zweite Mittel: er wird an der Grenzfläche total in das erste reflectiert. —

Der Grenzwinkel beträgt für Wasser $48\frac{1}{2}^{\circ}$,
 Glas $40\frac{3}{4}^{\circ}$,
 Diamant $23\frac{3}{4}^{\circ}$. . .

Prisma? Gewöhnlich eine dreiseitige Glassäule mit zwei polierten und einer geschwärzten oder mattgeschliffenen Fläche. Die dieser gegenüberliegende Kante ist die „brechende Kante“ welche den „brechenden Winkel“ einschliesst; die polierten Seitenflächen sind die „brechenden Flächen“.

Es gibt zwei Arten von Prismen: 1) das gewöhnliche, aus einer Glassorte gefertigt, welches nicht nur ablenkt, sondern auch zerstreut (s. Farbenzerstreuung), 2) das achromatische Prisma (s. d.), bei welchem die Zerstreuerung vermieden ist.

Ablenkung der Strahlen beim Prisma? Ein auf eine Seitenfläche treffender Strahl wird beim Passieren des Prismas stets von der brechenden Kante weg abgelenkt. Die gesamte Ablenkung durch die zweimalige Brechung gibt der Winkel an, den der verlängerte ein-

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f'}$$

fallende Strahl mit dem verlängerten austretenden im Prisma bildet; sie fällt um so stärker aus, je grösser der ablenkende Winkel. Minimum der Ablenkung. Es tritt ein, wenn der Strahl beim Einfallen und Austreten mit den Seitenflächen gleiche Winkel bildet — symmetrisch durchlaufenes Prisma.

Linsen? Runde oder (bei Augengläsern) ovale Glasplatten mit zwei sphärisch gekrümmten Flächen oder einer solchen und einer ebenen Fläche.

Convexe Linsen solche, die in der Mitte stärker sind als am Ende	{	biconvexe L.: mit zwei ge- wölbten Fl., planconvexe L.: eine gew. u. eine eb. Fl., concavconvexe L.: eine gew. u. eine hohlgeschliffene Fl.
Concave Linsen solche, die am Rande dicker sind als in der Mitte	{	biconcave L., planconcave L., convexconcave L.

Optischer Mittelpunkt: Der Halbierungspunkt der Hauptaxe in der Linse; Hauptaxe: die durch die Mittelpunkte der beiden Linsenflächen gefällte Senkrechte.

Grösse, Art und Lage der Bilder bei convexen Linsen?

Entstehung und Eigenschaften der Bilder sind hier durch die Brechungsverhältnisse bedingt. Diese werden leicht verständlich, wenn wir die convexen Linsen als Prismen betrachten, deren brechende Winkel an den Rändern liegen und für die einzelnen Flächenstückchen desto kleiner werden, je näher sich diese dem Mittelpunkte der Linse befinden — die Strahlen werden um so stärker gebrochen, in je geringerer Entfernung vom Rande sie die Linse treffen (s. Sphär. Aberration).

Möglich sind folgende Fälle:

Ia. Fallen die Strahlen parallel der Hauptaxe auf, so vermögen sie sich nach der Brechung auf der anderen Seite der Linse zu einem unendlich kleinen Bildchen

im Brennpunkte zu vereinigen, welcher dieselben Eigenschaften besitzt, wie der des Hohlspiegels.

b. Liegt das Object im Brennpunkte, so treten die Strahlen parallel aus und das Bild liegt in unendlicher Entfernung.

II a. Liegt das Object zwischen Unendlich und doppelter Brennweite, so entsteht zwischen einfacher und doppelter Brennweite ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild.

b. Liegt das Object zwischen einfacher und doppelter Brennweite, so entsteht zwischen doppelter Brennweite und Unendlich ein reelles, umgekehrtes, vergrössertes Bild.

III. Liegt das Object in doppelter Brennweite, so entsteht das Bild gleichgross, reell, umgekehrt ebenfalls in doppelter Brennweite.

IV. Liegt das Object zwischen Brennpunkt und Linse, so entsteht das Bild auf derselben Seite der Linse, ist nicht auffangbar, also virtuell, aufrecht und vergrössert.

Bilder bei concaven Linsen? Bei den Hohlinsen werden die Strahlen um so mehr abgelenkt, in je grösserer Entfernung von der Mitte der Linse sie auffallen. Die concaven Linsen liefern nur virtuelle, aufrechte und verkleinerte Bilder. Rückt das Object vom Unendlichen zur Linse, so rückt das Bild vom Brennpunkt gegen dieselbe hin.

Sphärische Aberration? Bei einigermaßen grösserer Öffnung der Linse werden die in der Nähe des Randes auffallenden Strahlen stärker gebrochen als die übrigen (Randstrahlen — Centralstrahlen) und schneiden deshalb z. B. bei paralleler Bestrahlung der Linse die Axe nicht im Brennpunkte wie die Centralstrahlen, sondern in einem der Linse näheren Punkte.

Eine solche Linse vermag kein scharfes Bild zu entwerfen; man hilft dem Übelstande durch die Wahl eines möglichst grossen Krümmungshalbmessers in befriedigender Weise ab. Siehe „aplanatische Linsen“.

Lupe (einfaches Mikroskop)? Convexe Linse von kurzer Brennweite, durch welche man kleine um weniger als die Brennweite von ihr entfernte Gegenstände vergrößert sehen kann.

Mikroskop (zusammengesetztes M.)? Besteht im wesentlichen aus zwei an den Enden eines Tubus befestigten convexen Linsen. Die eine dem Object zugewandte — Objectiv, von sehr kurzer Brennweite, entwirft von dem kleinen um etwas mehr als ihre Brennweite entfernten Gegenstand ein umgekehrtes, reelles, vergrößertes Bild, welches durch die andere, das Ocular, wie durch eine Lupe betrachtet und, wenn sein Abstand von diesem geringer als die Brennweite, nochmals stark vergrößert und virtuell gesehen wird. (Janssen 1590).

Keplersches oder astronomisches Fernrohr? Besteht im wesentlichen aus zwei convexen Linsen, an den Enden zweier ungleichweiter, verschiebbarer Röhren befestigt. Die Objectivlinse, grösser und von längerer Brennweite, entwirft von dem weit entfernten Gegenstand ein kleines, umgekehrtes, reelles Bild, welches durch das kleinere Ocular wie durch eine Lupe betrachtet und vergrößert gesehen wird, wenn es innerhalb der Brennweite desselben liegt. —

Dieses Keplersche Fernrohr wird nur zu Himmelsbeobachtungen und zur Feldmessung benutzt, wobei die umgekehrte Lage der Bilder nicht störend wirkt. Man erreicht bis 500fache Vergrößerungen; an Schärfe übertrifft es alle andern Fernrohre und findet deshalb fast allein auf den Sternwarten Verwendung. Es führt auch den Namen Refractor im Gegensatz zu dem ebenfalls astron. Newtonschen Reflector mit Hohlspiegel.

Terrestrisches oder Erdfernrohr? Analog dem Keplerschen; das vom Objectiv entworfene Bildchen wird jedoch statt durch die Ocularlupe, welche es verkehrt lassen würde, durch eine dem Princip des Mikroskops folgende Anordnung von Convexlinsen betrachtet, welche das Bildchen nochmals umkehren, es also aufrecht erscheinen lassen und so das Fernrohr zum Beobachten ir-

discher Gegenstände geeignet machen. Da es handlich sein muss, lässt sich nur eine 10—20fache Vergrösserung erzielen.

Galileisches oder holländisches Fernrohr?

Die convexe Objectivlinse von längerer Brennweite würde von dem Gegenstand ein reelles, umgekehrtes, verkleinertes Bild entwerfen, wenn nicht in den Gang dieser Bildstrahlen die concave Ocularlinse von kürzerer Brennweite gestellt wäre, welche sie so auseinander lenkt, dass das Bild vergrössert, aufrecht, virtuell erscheint.

Dieses Fernrohr ist sehr kurz, deshalb als Taschen-Fernrohr (Opernglas, Feldstecher) sehr geeignet; es vergrössert 30fach.

Newtonsches Spiegelteleskop?

Wird auch Reflector genannt, weil es statt einer Objectivlinse am Boden des Rohrs einen Hohlspiegel (Silberspiegel) besitzt. Dieser, möglichst gross und von grosser Brennweite, ist etwas geneigt eingesetzt, so dass das Bild nahe der Seitenwand des Rohrs entsteht. Bevor die Bildstrahlen sich jedoch zu einem solchen vereinigen können, werden sie durch einen unter 45^0 geneigten Planspiegel zur Seite geworfen, wo man sie durch die convexe Ocularlinse wie durch eine Lupe betrachtet.

Diese oft in grossen Dimensionen (Riesenteleskope) ausgeführten und mannigfach (von Herschel, Gregory u. a.) verbesserten Spiegelfernrohre stehen den Keplerschen Refractoren an Helligkeit (der Lichtabsorption durch den Spiegel halber) und Dauerhaftigkeit (da die Spiegel bald erblinden) nach, sind deshalb auch seit der Erfindung der achromatischen Linsen durch Keplers Instrumente von den Sternwarten gänzlich verdrängt.

Zerstreuung (Dispersion) des Lichts? Lässt man durch den feinen Spalt im Fenster einer dunklen Kammer Sonnenlicht auf ein Prisma fallen, so sieht man, dass das Licht nicht nur gebrochen, sondern auch zerstreut

wird. Statt eines weissen Lichtflecks erhält man auf einem Auffangschirm ein verschiedenfarbiges Band — das Spectrum.

Die Farben des Spectrums sind die des Regenbogens, zunächst Rot der brechenden Kante am nächsten, also am wenigsten stark gebrochen, dann folgen in immer stärkerer Ablenkung Orange — Grün — Hellblau — Tiefblau — Violett.

Man schliesst, dass das Sonnenlicht, überhaupt das weisse Licht, aus verschiedenen Lichtarten zusammengesetzt ist, die vermöge ihrer verschiedenen Brechbarkeit durch das Prisma getrennt aufgefangen werden können. — Das Spectrum lässt sich in der That durch eine Sammellinse wieder zu einem weissen Lichtfleck vereinigen.

Zwischen den genannten Hauptfarben liegen noch unendlich viele, unserem Auge jedoch nicht mehr unterscheidbare Übergangstöne. Auch eine Dispersion einer getrennt durch ein zweites Prisma fallenden Hauptfarbe zu beobachten, ist uns unmöglich. Die Hauptfarben sind deshalb für uns einfache, homogene Farben.

Bedingung der Farbenempfindung?

Schwingungszahlen der Farbentöne?

Die Farbenempfindung ist — analog derjenigen der Tonhöhe — durch die Schwingungszahl der Lichtwellen bedingt. — Um diese zu finden, braucht man nur die Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die für alle Farbentöne die gleiche ist $= 300\,000$ km (vgl. in dieser Hinsicht Schall), durch die Wellenlänge des betr. Farbentons zu dividieren. — Rot macht z. B. 395 Bill., Violett 763 Bill. Schwingungen pro Sec. — Je kleiner die Wellenlänge, desto grösser die Schwingungszahl.

Wellenlänge der Farbentöne? Wiederholt man den Fresnelschen Spiegelversuch nacheinander mit den verschiedenen homogenen Farben, so zeigen sich die Interferenzstreifen desto breiter, je näher die gewählte Farbe dem roten Ende des Spectrums liegt.

Daraus ergibt sich unmittelbar die Annahme grösserer Gangunterschiede und damit grösserer Wellen-

längen z. B. für die roten als die violetten Töne. So mass Fresnel mittels seines Versuchs die Wellenlängen der Spectralfarben und fand z. B. von denjenigen des Rot 638 000 000 auf ein mm gehen, von denen des Violett 392 000 000.

Complementäre Farben? Nur die sämtlichen Spectralfarben geben bei ihrer Vereinigung durch die Sammellinse weiss; lenkt man eine derselben, z. B. Grün ab, so erzeugen die übrigen eine rote Mischfarbe. Diese Farbe fehlt also gerade dem Grün, um sich zu weiss zu ergänzen und umgekehrt — Grün und Rot sind Ergänzungs- oder Complementärfarben. — Ebenso sind complementär, mischen sich also zu Weiss: Orange und Hellblau,
Gelb und Dunkelblau,
Violett und Grüngelb u. a.

Fraunhofersche Linien? Im sog. „reinen“ Spectrum (bei welchem die verschwommene Zeichnung des gewöhnlichen dadurch vermieden wird, dass man ein scharfes Bild des feinen Spalts durch eine Sammellinse auf das Prisma fallen lässt) erblickt man eine Reihe paralleler, verschieden von einander abstehender feiner, dunkler Linien — die Fraunhoferschen Linien. (Die bedeutendsten werden mit den Buchstaben A—H bezeichnet. Über ihre Entstehung und practische Bedeutung S. 199.)

Verhältnis zwischen Ablenkung und Zerstreuung? Erst mit Hilfe der Fraunhoferschen Linien liess sich das Brechungsverhältnis verschiedener Stoffe für ganz bestimmte Farbenpartien genau feststellen und damit die für die practische Optik (achromatische Prismen und Linsen) bedeutungsvolle Thatsache, dass die Farbenzerstreuung nicht gleichen Schritt halte mit der Ablenkung. — Von den beiden zur Linsenherstellung gebräuchlichsten Glassorten z. B. bricht Flintglas nicht bedeutend stärker als Crown Glas, sein Spectrum jedoch übertrifft das vom Crown Glas entworfene um die doppelte Länge.

Achromatisches Prisma? Die Entdeckung des Verhältnisses zwischen Ablenkung und Zerstreuung ermöglichte

es, ein Prisma zu schaffen, welches das Licht noch ablenkt, aber nicht mehr zu zerstreuen vermag — achromatisches Prisma. Es besteht aus einem Crownglasprisma, dem ein solches aus Flintglas mit nur halb so grossem brechendem Winkel in entgegengesetzter Lage angefügt ist.

Chromatische Aberration (Farbenabweichung) bei Linsen? Da die verschiedenfarbigen Strahlen verschieden brechbar sind, so werden sich bei einer gewöhnlichen Sammellinse die von einem Punkt des Objects ausgehenden Strahlen nicht genau in einem Punkte wieder vereinigen, sondern die violetten in einem der Linse näheren als die roten. Die Folge ist, dass wir jeden Bildpunkt farbig umsäumt erblicken, wodurch (besonders bei Linsen grosser Brennweiten, wie sie bei Fernrohren, Mikroskopen erforderlich) das Gesamtbild ganz verschwommen erscheint und jeder Schärfe entbehrt. (Dollond 1757.)

Achromatische Linsen? Man beseitigt den Mifsstand der Farbenabweichung (wie beim Prisma) durch Combination einer Sammellinse aus Crownglas und einer Zerstreulinse aus Flintglas mit demselben Zerstreungsvermögen, aber grösserer Brennweite, so dass die so hergestellte achromatische Linse immer noch wie eine Sammellinse wirkt.

Aplanatische Linsen? Solche, bei denen sowohl die sphärische (s. oben) als auch die chromatische Aberration thunlichst vermieden ist.

Spectren weissglühender fester Körper? Sie sind nicht durch dunkle Linien unterbrochen, also noch reicher an Farbentönen als das Sonnenspectrum. (Auch die Kerzen-, Gas- und Lampenflammen, deren Leuchtkraft den in ihnen schwebenden weissglühenden Kohlenteilchen zu danken, sind hierher zu zählen.)

Spectren glühender Gase und Dämpfe? Nicht continuierlich, sondern nur aus einzelnen hellen Linien bestehend. — Jeder in solchem Zustand befindliche Stoff sendet nur Lichtstrahlen von ganz bestimmter Brechbarkeit

aus, welche die ihnen zugehörigen Stellen im Spectrum einnehmen und für ihn characteristisch sind.

— So zeigt Natrium eine (zwei) helle sehr gelbe Linie, Kalium je eine im äussersten Rot und im Violett, Lithium je eine im Orange und Hochrot. Die Reaction ist so empfindlich, dass mittels derselben die geringsten Spuren eines Metalls (z. B. bei Na $\frac{1}{3\,000\,000}$ Milligramm) noch nachweisbar sind.

Spectralanalyse? Das von Bunsen u. Kirchhoff ausgebildete Verfahren, die einfachen Bestandteile eines Gemisches solcher glühender Gase oder diejenigen eines Körpers, den man vorher zum Glühen in Dampfform gebracht hat, durch Entwerfung des Spectrums (mittels des Spectroscops und der Geisslerschen Röhren) zu bestimmen.

Geisslersche Röhren? Dienen zum Glühendmachen von Gasen und Dämpfen zur Spectraluntersuchung. — Die gegen ihre Mitte hin verengten Röhren werden nach Einpumpung der verdünnten Gase zugeschmolzen, und die an ihren Enden als Electroden hineinragenden Platindrähte mit einem Rhumkorffschen Funkeninductor in Verbindung gebracht. Die hindurchschlagenden kräftigen Inductionsfunken bringen das Gas zum Erglühen.

Entstehung der Körperfarben?

Absorption des Lichts?

I. Bedeckt man nach Entwerfen eines Spectrums die Spaltöffnung durch eine rote Glasscheibe, so erscheinen alle Farbentöne desselben bis auf einige rote ausgelöscht — das rote Glas hat nur die Sonnenstrahlen, aus denen seine eigene Farbe gemischt ist, durchgelassen, die übrigen verschluckt, absorbiert.

II. Lässt man das Spectrum auf ein rotes Tuch fallen, so verschwindet es ebenfalls bis auf sein rotes Ende — das rote Tuch reflectirt nur die Strahlen seiner eigenen Farbe, die übrigen absorbiert es.

Gerade darum, weil das rote Glas von den auf dasselbe fallenden Lichtstrahlen nur die roten Farbenstrahlen passieren lässt und das rote Tuch nur die roten Farben-



strahlen reflectiert, erscheinen uns diese beiden Körper bei Tage rot. (Fensterglas und weisses Papier als fernere Beispiele lassen sämtliche Strahlen durch, bezw. reflectieren sie; ein Körper, der alle Strahlengattungen absorbiert, erscheint schwarz.)

Die natürlichen Farben erklären sich also aus der Absorptionsfähigkeit der Stoffe für bestimmte Farbenstrahlen des auf sie fallenden Sonnenlichts; bei Beleuchtung mit homogenem Licht verschwinden alle Farbenunterschiede und die Körper erscheinen nur heller oder dunkler, je nachdem sie die Strahlen des einfachen Lichts weniger oder mehr verschlucken.

Der Nuancenreichtum der nat. Farben ist durch die Vorliebe der Stoffe, nie einen, sondern stets mehrere homogene Strahlen zum Durchlassen oder diffusen Zurückwerfen auszuwählen, und durch die zahllosen Combinationsmöglichkeiten der einzelnen Spectraltöne zu Mischfarben bedingt.

Die durchgehenden Strahlen verleihen einem Körper eine ungleich grössere Farbenpracht als die diffus reflectierten (Blätter, Glasmalereien in der Sonne und im Schatten). —

Absorptionsstreifen des Spectrums?

Manche Stoffe besitzen die Eigenart, zwei oder mehrere Farbtöne zu absorbieren, die im Spectrum nicht aneinander grenzen, — es werden deshalb nicht ganze Partien desselben verdunkelt, sondern nur einzelne für den Stoff charakteristische Streifen — Absorptionsstreifen.

Solche Stoffe sind z. B. das Oxyhämoglobin des Bluts (zwei dunkle Streifen zwischen D und E im Gelbgrün gestatten den Nachweis der geringsten Mengen von Blut), ferner viele glühende Gase und Dämpfe.

Indem die verschiedenen glühenden Metaldämpfe, welche die Sonne wie eine Hülle umgeben, alle diejenigen Strahlen des weissglühenden Kerns absorbieren, die sie selbst auszusenden im stande sind, und infolge ihrer niedrigeren

Temperatur an Lichtintensität denselben weitaus nachstehen, so kommen im Sonnenspectrum, unregelmässig geordnet, dunklere Absorptionsstreifen — die Fraunhofer'schen Linien, zu stande.

Vorgang der Absorption? Die Absorption ist mit der Resonanz zu vergleichen. Wie eine Saite nur beim Erklängen solcher Töne mittönt, d. h. zur eigenen Schwingungsanregung nur die Schwingungsenergie solcher Töne absorbiert, welche die nämliche Tonhöhe besitzen, so erstreckt sich auch das Absorptionsvermögen einer selbstständigen Lichtquelle nur auf solche Strahlengattungen, die sie selbst auszusenden vermag.

Fluorescenz? Das besonders von farblosen oder schwach farbigen Substanzen gezeigte Verhalten, durch absorbierte Sonnenstrahlen zum Selbstleuchten angeregt zu werden. —

Dies geschieht zuweilen durch Strahlengattungen, die ob ihrer Lichtschwäche für gewöhnlich unserem Auge nicht wahrnehmbar sind. So leuchtet z. B. Petroleum in bläulichem Fluorescenzlicht, indem es Strahlen absorbiert, welche noch brechbarer sind als Violett — die ultravioletten Strahlen (s. „chem. Wirkung des Lichts“). Chininlösungen, Aesculin schimmern hellblau, Chlorophyll purpurrot, Fluorcalcium, welches der Erscheinung den Namen verliehen, bläulich. Im allgemeinen rufen die von den fluorescierenden Körpern am kräftigsten absorbierten Strahlen das Selbstleuchten hervor.

Strahlende Wärme?

Die schon bei „Wärme“ im Gegensatz zu geleiteter Wärme unterschiedene strahlende Wärme beruht ebenfalls wie das Licht auf der Erregung transversaler Ätherwellen durch eine Wärmequelle, d. h. einen Körper, dessen Molecüle sich in mehr oder weniger lebhaften Schwingungen befinden. Licht und strahlende Wärme gehen aus den gleichen Ursachen hervor, sind an sich nicht verschieden, sondern nur zweierlei Antworten unseres Em-

pfundungscentrums auf den nämlichen, nur in zweierlei Nervenbahnen dahin geleiteten Reiz. — Während jedoch unsere Gefühlsnerven für jede Äther-Wellengattung empfindlich sind, ist es die Netzhaut nur für Wellen bestimmter Brechbarkeit — es werden also sehr viele Ätherschwingungen als Wärme empfunden, verhältnismässig wenige von diesen jedoch zugleich als Licht. Man nennt diese zugleich als Lichtreiz wirkenden, also sichtbaren Wärmestrahlen „helle“ Wärmestrahlen, die übrigen unsichtbaren nur auf den Gefühlssinn wirkenden dagegen „dunkle“.

Absorption der Wärmestrahlen?

Wie die sichtbaren Wärmestrahlen (Lichtstrahlen), so erwärmen auch die dunklen einen Körper desto stärker, je tiefer sie in die in Schwingungen zu versetzenden Molecularmassen desselben eindringen können, d. h. je mehr der Körper von ihnen verschlucken, absorbieren kann. Für die hellen Wärmestrahlen sind wie für die Lichtstrahlen am absorptionsfähigsten die dunklen Körper. Gegenüber den dunklen Wärmestrahlen verhalten sich die Stoffe sehr verschieden. Die farblos durchsichtige Luft absorbiert nur etwas von der dunklen Wärme, welche die stärker absorbierenden Erdgegenstände auf sie ausstrahlen, von den hellen Strahlen gar nichts (die Luft wird also nur indirekt erwärmt); Steinsalz lässt helle wie dunkle Wärmestrahlen gleich gut durch; Wasserdampf absorbiert sehr viel dunkle Wärme.

Wärmespectrum? Ein längs eines Sonnenspectrums entlang geführtes Thermometer zeigt, dass die Wärmewirkung von Violett zu Rot zunimmt, aber am intensivsten erst jenseits des roten Endes ist. Diese ob ihrer geringeren Brechbarkeit (kürzere Wellenlängen) nicht mehr auf den Sehnerv wirkenden, also unsichtbaren Wärmestrahlen bezeichnet man als ultrarote Strahlen. —

Sehr schön sind diese Verhältnisse an im Dunklen erhitztem Metall zu beobachten: anfangs besitzt es nur Strahlen sehr geringer Brechbarkeit; mit steigender Temperatur kommen immer höher brechbare hinzu. Vermag es schon sämtliche Strahlen des (an Länge das sichtbare Sp. weit übertreffenden)

ultraroten Gebiets auszusenden (500°), so erzeugt der nächst ausgesandte Strahl schon eine Lichtwirkung — der Körper wird in roter Farbe sichtbar, er glüht; sind noch sämtliche hellen Wärmestrahlen hinzugetreten (1200°), so rufen sie in ihrer Gesamtheit den Eindruck des Weissglühens hervor.

Chemische Wirkung der Strahlen? Die sowohl vereinigende (z. B. Bildung von HCl bei Einwirkung des Tageslichts) als zersetzende (Schwarzfärbung der Silberhaloide, des Silbernitrats) Wirkung der Spectralstrahlen beginnt schwach am roten Ende des Spectrums, erreicht ihren grössten Werth im Tiefblau und Violett und verliert sich erst weit jenseits der violetten Grenze. Diese keine Lichtempfindung, wohl aber noch chemisch wirkenden Strahlen nennt man ultraviolette Strahlen.

Photographiertes Spectrum? Auf der erwähnten Zersetzung der Silberhaloide beruht die Photographie. Sie besteht im wesentlichen darin, dass man durch die Camera obscura ein scharfes Bild des Objects auf eine Glasplatte entwerfen lässt, welche mit einer Collodium-Jodsilberschicht bedeckt ist. Von dem entstandenen negativen Bild (wo auf dem Object Licht, da ist Schatten auf der Platte und umgekehrt) wird die positive Photographie gewonnen, indem man die Platte auf Chlorsilberpapier (photogr. Papier) legt und dieses durch das Glas der Platte hindurch vom Sonnenlicht zersetzen lässt. Man kann so — durch den nämlichen chem. Process positiv gewordene — Photographien in grosser Anzahl von der neg. Platte abziehen.

— Ein photographisches Spectrum erscheint doppelt so lang als das uns wahrnehmbare infolge der chem. Wirksamkeit erwähnter ultravioletter Strahlen; ferner beweist es, dass gerade die helleren „grellen“ Farben (Roth — Gelb — Grün) an solcher Fähigkeit weit hinter den blauen, violetten Tönen zurückbleiben, welche unserem Auge dunkler erscheinen.

Polarisation des Lichts? Unter Polarisation versteht man die Umwandlung gewöhnlichen Lichts, bei dem die Querschwingungen der Ätherteilchen nach allen möglichen Richtungen hin erfolgen, in solches, das nur nach einer Richtung schwingt — polarisiertes Licht. — Einen pol. Strahl kann man auf verschiedene Art erzeugen, z. B. durch Reflexion, indem man einen gew. Strahl unter einem Einfallswinkel von 57° auf eine Glasplatte (dieser Polarisationwinkel ist für versch. Stoffe verschieden) fallen lässt; dass der zurückgeworfene Strahl besondere Eigenschaften besitzt, zeigt sich aus seinem Verhalten einer zweiten reflectierenden Platte gegenüber. Lässt man ihn nämlich auf eine zweite Glasplatte unter dem nämlichen Winkel fallen, so ist er nur dann in der ursprünglichen Stärke sichtbar, wenn die beiden Platten parallel sind, also die Reflexionsebenen zusammenfallen; werden die Platten gedreht bis zur Kreuzung dieser Ebenen, so wird er schwächer und verschwindet zuletzt ganz. — Dies Verhalten erklärt man aus der Polarisation des Strahls, indem man annimmt, seine Teilchen hätten durch die Reflexion unter obigem Winkel eine besondere Schwingungsrichtung zur Reflexionsebene erhalten und könnten nur dann wieder reflectiert werden, wenn das Verhältnis zur 2. Reflectionsebene sich nicht geändert hat. Man hält dafür, dass das polarisierte Licht senkrecht zu dieser Ebene schwinde; jedenfalls sind die Eigenschaften des Polarisationsstrahls nur auf Transversalschwingungen zu beziehen, und die Wahrscheinlichkeit spricht dafür, dass auch die nat. Lichtstrahlen lediglich solche enthalten.



Campagnolle, Roger de

Physik für das Tentamen physicum

Leipzig 1894

Phys.g. 604 h

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11881075-0